



Tielaitos

Selvitys liikennevalojen toiminnasta vähäisen liikenteen aikana

**Tielaitoksen
selvityksiä**

54/1992

Helsinki 1992

**Tiehallitus
Kehittämiskeskus**

Tielaitoksen selvityksiä
54/1992

**Selvitys liikennevalojen toiminnasta
vähäisen liikenteen aikana**

Tielaitos
Tiehallitus, kehittämiskeskus

Helsinki 1992

ISBN 951-47-6620-2

ISSN 0788-3722

TIEL 3200105

Valtion painatuskeskus

Pasilan VALTIMO

Helsinki 1992

Julkaisua myy:

Tiehallitus, painotuotevarasto

Tielaitos

Tiehallitus

Opastinsilta 12 A

PL 33

00521 HELSINKI

Puh. vaihde (90) 148 721

Selvitys liikennevalojen toiminnasta vähäisen liikenteen aikana. Helsinki 1992, Tiehallitus, kehittämiskeskus. Tielaitoksen selvityksiä 54/1992, 40 s. + liitt. 7. ISBN 951-47-6620-2, ISSN 0788-3722, TIEL 3200105

Asiasanat: liikenteen ohjaus, liikennevalot

Tiivistelmä

Selvityksessä on tarkasteltu liikennevalo-ohjausta ja sen liikenteelle aiheuttamia vaikutuksia silloin kun liikenne on vähäistä. Aiheen tutkimukseen on antanut mm. vuonna 1990 tapahtunut lainsäädännön muutos, joka edellyttää liikennevalojen olevan pääsääntöisesti aina toiminnassa.

Selvitys on tehty teknillisen korkeakoulun liikennelaboratoriossa, jossa jo 1980-luvun puolivälistä lähtien on kehitetty liikennevalojen toiminnan arviointiin soveltuvaa simulointilaitteistoa. Tutkimuksen tilaaja on tiehallituksen kehittämiskeskus.

Käytetty tutkimusmenetelmä on aivan uusi. Se perustuu liikenteen simulointiin ja aidolla liikennevalokojeella toteutettavan liikennevalojen ohjauksen yhdistämiseen. Simuloitava liikenne noudattaa siten täsmälleen samaa ohjausta kuin todellisissa liikennevaloissa.

Simulaattorin liikemallia ei ole vielä verrattu todellisuuteen. Kuitenkin kaikkien mallin toimintaan liittyvät havainnot viittaavat siihen, että liikennevalo-ohjauksen kannalta malli näyttää toimivan vähintäänkin tyydyttävästi.

Tutkimuskohteina on ollut kaksi risteystä. Toinen näistä on tyypillinen suomalainen nelihaararisteys ja toinen tielaitoksen Vaasan piirissä sijaitseva todellinen risteys. Tarkasteltava liikennemäärä on ollut enintään 400 autoa tunnissa. Kummassakaan risteyksessä ei ole suojateitä.

Tutkimuksen tärkeimmät havainnot ovat seuraavat:

- * Kun tarkastellaan risteyskoko liikennettä, kokopunainen lepotila on kiistattomasti edullisin. Se aiheuttaa vähiten pysähdyksiä ja viivytyksiä varsinkin silloin kun liikenne on hyvin vähäistä.
- * Päätien liikenteen kannalta myös muiden lepotilojen kuten päätien vihreän ja viimeisen vaiheen vihreän käyttö on mahdollista edellyttäen, että päätien ensimmäinen ilmaisin on nopeusrajoituksesta 50 - 70 km/h riippuen vähintään 120 - 160 metrin etäisyydellä risteyksestä eikä liikenne ole aivan vähäistä.
- * Sivutien liikenteelle kokopunainen lepotila on aina edullisin.

- * Päätien ensimmäinen ilmaisoin on vietävä riittävän etäälle risteyksestä. Ilmaisimen sijaitessa 120 - 160 metrin etäisyydellä risteyksestä liikenteelle aiheutuu vähiten pysähdyksiä. Sensijaan viivytykset ovat pienimmät silloin kun ilmaisoin on 80 - 110 metrin etäisyydellä.
- * Jos kokopunaisen lepotilan käyttö ei ole mahdollista, tulee päätien ensimmäinen ilmaisoin sijoittaa vähintään 120 - 160 metrin etäisyydelle.
- * Sivutien ilmaisimen vaurioituminen huonontaa liikenteen sujuvuutta merkittävästi. Päätien liikenteen pysähdysten ja viivytysten määrä lisääntyy ilmaisinvaurioiden takia helposti moninkertaisiksi.

Kehitetty liikennevalosimulaattori on osoittautunut käyttökelpoiseksi liikennevalosuunnittelun ja ohjelmoinnin apuvälineeksi.

Esipuhe

Liikenneministeriön marraskuun alussa 1990 voimaan tullessa päätöksessä tieliikenteen liikennevaloista edellytetään turvallisuussyistä liikennevalojen toimivan ympäri vuorokauden. Tämä merkitsee liikennevalojen ajoituksen suunnittelua myös niitä vähäisen liikenteen tilanteita varten, joiden aikana valot aikaisemmin kytkettiin pois toiminnasta. Samat menetelmät ja ohjelmointitavat kuin ruuhka- ja päiväliikenteessä eivät välttämättä ole käyttökelpoisia vähäisessä liikenteessä. Sitä varten on siis tarvetta kehittää omat suunnitteluperiaatteensa.

Vähäisen liikenteen aikana liikennetieto-ohjauksella on mahdollista huomattavasti parantaa liikenteen sujuvuutta kiinteään aikaohjaukseen verrattuna. Liikennetieto-ohjauksisten valojen suunnittelussa on kuitenkin runsaasti erilaisia parametreja, joiden vaikutus ohjauksen hyvytyteen on vaikeasti arvioitavissa. Eri ratkaisujen keskinäinen vertailu suunnitteluvaiheessa on myös vaikeaa. Suunnittelun apuna tarvitaan, ainakin suunnitteluohjeita laadittaessa, uudenlaisia apuvälineitä.

Teknillisen korkeakoulun liikennelaboratoriossa on 1980-luvun puolivälistä alkaen kehitetty liikennevalojen toiminnan arviointiin sopivaa simulointilaitteistoa. Mainitun laitteiston olennaisin erikoispiirre on liikennettä simuloivan tietokoneen ja liikennettä ohjaavan risteyskojeen yhteenkytkentä. Tämä kytkentä mahdollistaa todellisten ajoitus suunnitelmien testauksen ja vertailun samoissa olosuhteissa.

Liikennevalosimulaattori tarjoaa erinomaisen välineen liikennetieto-ohjattujen liikennevalojen ohjausvaihtoehtojen analysointiin myös vähäisen liikenteen aikana. Tiehallituksen kehittämiskeskus tilasikin korkeakoululta tätä koskevan alustavan selvityksen, jonka tavoitteena oli yksinkertaisessa perustapauksessa tutkia ohjaustapojen ja ilmaisinetäisyyksien vaikutuksia liikenteelle aiheutuviin viivytyksiin ja pysähdysten määrään vähäisen liikenteen aikana.

Työn on tehnyt TKK:n liikennelaboratoriossa valosimulaattorin kehitystyöstä vuodesta 1989 vastannut työryhmä *Matti Pursula* (puheenjohtaja), *Kari Juhani Sane* (asiantuntija), *Matti Kokkinen* (asiantuntija) ja *Iisakki Kosonen* (simulaattorilaitteiston kehittäjä). *Kari Juhani Sane* on pääosin suunnitellut tutkimusasetelman ja vastannut raportoinnista. *Matti Kokkinen* ja *Iisakki Kosonen* ovat kehittäneet tulostusmallin ja *Iisakki Kosonen* on tehnyt tarvittavat simulointiajot. Tiehallituksen puolelta työtä on valvonut *Esko Hyytiäinen*.

Tehty työ antaa suppeudestaan huolimatta useita selkeitä ohjeita vähäisen liikenteen valo-ohjauksen suunnittelulle. Samalla se on osoittanut kehitetyn liikennevalosimulaattorin käyttökelpoisuuden suunnittelun apuvälineenä.

Helsingissä lokakuussa 1992

Tiehallitus
Kehittämiskeskus

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
ESIPUHE	5
SISÄLLYSLUETTELO	6
KUVALUETTELO	7
TAULUKKOLUETTELO	8
1 JOHDANTO	9
2 SIMULOINTIMALLI	11
Periaate - Toimintatapa	
3 LIIKENNEVALOJEN TOIMINNAN KUVAUS	13
3.1 Malliristeys	13
Kaistakaavio - Vaihekaavio - Ohjaustapa - Lepotila - Aikaohjaus - Ilmaisimet - Liikennemäärät	
3.2 Norrholmenin risteys	20
Kaistakaavio - Vaihekaavio - Ohjaustapa - Lepotila - Ilmaisimet - Ilmaisinvaurio - Liikennemäärät	
4 TULOKSET	24
4.1 Malliristeys	24
Tutkimusasetelma - Tulokset koko risteyksen liikenne - Tulokset eri tulosuuntien liikenne	
4.2 Norrholmenin risteys	31
Tutkimusasetelma - Tulokset	
5 PÄÄTELMÄT	35
Taustaa - Mikä lepotila on paras? - Lepotila eri suuntien kannalta? - Mihin kannattaa sijoittaa ilmaisimet? - Entä aikaohjaus? - Vaikuttaako ilmaisinvika? - Päätelmät pähkinänkuoressa	
6 LIITTEET	39

KUVALUETTELO

Kuva 1	Simuloinnin laitteisto	11
Kuva 2	Simuloinnissa mitattavien suureiden (viivytykset, pysähdykset) mittaus	12
Kuva 3	Malliristeyksen kaistakaavio ja kaistapituudet	13
Kuva 4	Malliristeyksen vaihejako	14
Kuva 5	Malliristeyksen ilmaisimien sijoitus	17
Kuva 6	Norrholmenin risteyksen kaistakaavio ja kaistapituudet	20
Kuva 7	Norrholmenin risteyksen liikennevalojen vaihejako	21
Kuva 8	Norrholmenin risteyksen ilmaisimien sijainti	22
Kuva 9	Norrholmenin risteyksen simuloinnin liikennemäärät	23
Kuva 10	Malliristeyksen viivytykset koko liikenteelle eri lepotiloissa ..	25
Kuva 11	Malliristeyksen pysähdykset koko liikenteelle eri lepotiloissa	26
Kuva 12	Malliristeyksen viivytykset ja pysähdykset 80 m ilmaisinetäisyydellä	27
Kuva 13	Malliristeyksen viivytykset päätien ja sivutien liikenteelle eri lepotiloissa	28
Kuva 14	Malliristeyksen pysähtymistodennäköisyys päätien ja sivutien liikenteelle eri lepotiloissa	29
Kuva 15	Malliristeyksen autokohtaiset viivytykset ja pysähtymistodennäköisyys päätien ja sivutien suunnissa eri lepotiloissa	30
Kuva 16	Norrholmenin risteyksen viivytykset ja pysähtymistodennäköisyys koko liikenteelle liikennevalojen toimiessa normaalisti ja ilmaisinvarion aikana.	33
Kuva 17	Norrholmenin risteyksen viivytykset ja pysähtymistodennäköisyys yhtä autoa kohden eri tulosuunnissa liikennevalojen toimiessa normaalisti sekä sivutien ilmaisinvarion aikana.	34

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko I	Liikennevalojen aiheuttamat autokohtaiset viivytykset ja pysähtymistodennäköisyys eri lepotilojen ja aikaohjauksen aikana	27
Taulukko II	Liikennevalojen aiheuttamat päätien suoraan ajavan liikenteen ja sivutien liikenteen viivytykset ja pysähtymistodennäköisyys autoa kohden eri lepotilojen ja aikaohjauksen aikana	31
Taulukko III	Liikennevalojen liikenteelle aiheuttamat viivytykset ja pysähdykset valojen normaalitoiminnan ja ilmaisinvaurion aikana.	32
Taulukko IV	Liikennevaloista eri tulosuuntien liikenteelle aiheutuvien viivytysten ja pysähdysten muutos valojen normaalitoiminnan ja ilmaisinvaurion välillä.	32

1 JOHDANTO

Vähäliikenteisen ajan valo-ohjauksen suunnitteluun ei Suomessa yleensä ole kiinnitetty erityistä huomiota. Syyt tähän ovat ilmeiset. Meillä noudatettu käytäntö, jonka mukaan liikennevalot kytketään keltavilkulle ilta- ja yöajaksi, on vähentänyt mielenkiintoa tällaisen normaalist poikkeavan valo-ohjauksen kehittämiseen.

Viime vuosina valo-ohjauksen tarve vähäliikenteisinä aikoina on tullut entistä ilmeisemmäksi. Useat turvallisuustutkimukset ovat osoittaneet, että liikennevaloja kannattaa pitää käytössä ilta- ja yöaikoina. Samaan tavoitteeseen pyrkii myös vuonna 1990 toteutunut lainsäädännön muutos, joka edellyttää liikennevalojen olevan pääsääntöisesti aina toiminnassa.

Kolmas vähäliikenteisen ajan valo-ohjausta lisännyt tekijä on liikennevalolaitteiden kehitys. Liikenteelle mahdollisimman vähän haittaa tuottavan valo-ohjauksen aikaansaaminen on riippuvainen ennen kaikkea suunnitteluun uhrattavasta työpanoksesta - ohjauskojeiden ja ilmaisinalaitteiden asettamat tekniset rajoitukset ovat 1990-luvulle tultaessa vihdoin poistuneet.

Vähäliikenteisen ajan valo-ohjauksen suunnittelu edellyttää uusien käsitteiden ja periaatteiden hallintaa. Tämä valitettavan usein perustuu subjektiivisiin arviointeihin tai perimätietoon. Analyysit valo-ohjauksen toimivuudesta vähäisen liikenteen ajalta ovat olleet tuiki harvinaisia - aikaa ja mahdollisuuksia seurata liikennevalojen toimintaa perusteellisesti esimerkiksi kello kolme yöllä on rajoitetusti.

Käsillä oleva selvitys on menetelmältään aivan uusi. Se perustuu liikenteen simulointiin ja aidolla liikennevalokojeella toteutettavan liikennevalojen ohjauksen yhdistämiseen. Simuloitava liikenne noudattaa siten täsmälleen samaa ohjausta kuin todellisissa liikennevaloissa. Tämä on välttämätöntä, sillä nykyaikaisten liikennevalojen toiminnot ovat niin pitkälle kehitetyt, ettei niiden toteutus riittävän luotettavasti ole enää perinteisellä simulointitekniikalla mahdollista.

Selvityksessä on paneuduttu eräisiin vähäliikenteisen ajan valo-ohjauksen keskeisiin ongelmiin tyypillisessä suomalaisessa nelihaarisessa liikennevaloristeyksessä. Tarkastelussa on pitäyditty yksinomaan liikenteen sujuvuutta kuvaaviin tunnuslukuihin. Liikenneturvallisuutta ei tässä yhteydessä ole käsitelty, koska kaikissa nyt esillä olevissa liikennevalojen ohjaustavoissa voidaan soveltaa liikenneturvallisuutta parantavia erikoistoimintoja.

Selvityksen pääkysymyksiä on kaksi: Minkälainen liikennevalojen lepotila on liikenteelle edullisin vähäisen liikenteen aikana ja miten etäälle risteyksestä ilmaisimet kannattaa sijoittaa. Vastaus jälkimmäiseen kysymykseen on erikoisen arvokas tienpitäjälle, sillä ilmaisinetäisyyden kasvattaminen esimerkiksi 80 metristä 120 metriin merkitsee käytännössä 20 - 30 000 markan lisäkustannusta liikennevalojen rakentamiseen.

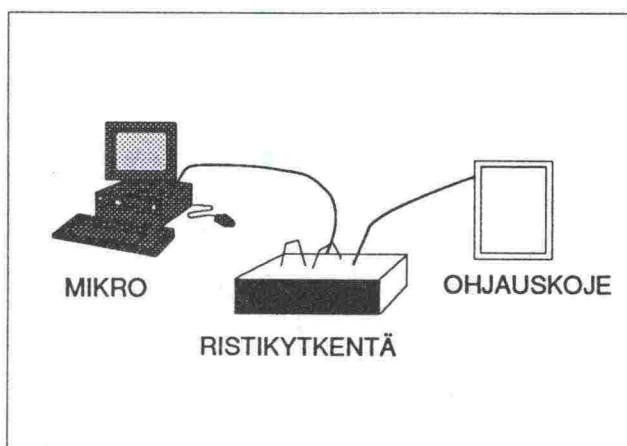
Lisäksi selvitys haluaa vastata usein esitettyyn kysymykseen ilmaisimien kunnossapidon tarpeellisuudesta - miten vaurioitunut ilmaisin vaikuttaa liikenteen sujuvuuteen. Vastaus on saatu simuloimalla liikennevalojen toimintaa todellisessa risteyksessä.

Olisi toivottavaa, että tämä selvitys jatkuisi aikanaan muilla aiheeseen liittyvillä perusselvityksillä - miten vähäliikenteisinä aikoina yhteenkytkettyjä valoja tulisi ohjata, milloin yhteenkytkennästä kannattaa kokonaan luopua tai miten suojateiden olemassaolo vaikuttaa suunnitteluun. Portit vähäliikenteisen ajan valo-ohjauksen kehittämiseen on nyt avattu.

2 SIMULOINTIMALLI

Periaate

Käytetty simulointimalli poikkeaa perinteisistä menetelmistä merkittävästi. Vaikka tässäkin järjestelmässä tietokonetta käytetään simuloinnin apuna, tapahtuvat tärkeimmät - ohjausta koskevat - päätökset todellisessa liikennevalojen ohjauskojeessa.



Kuva 1: Simuloinnin laitteisto

Toimintatapa

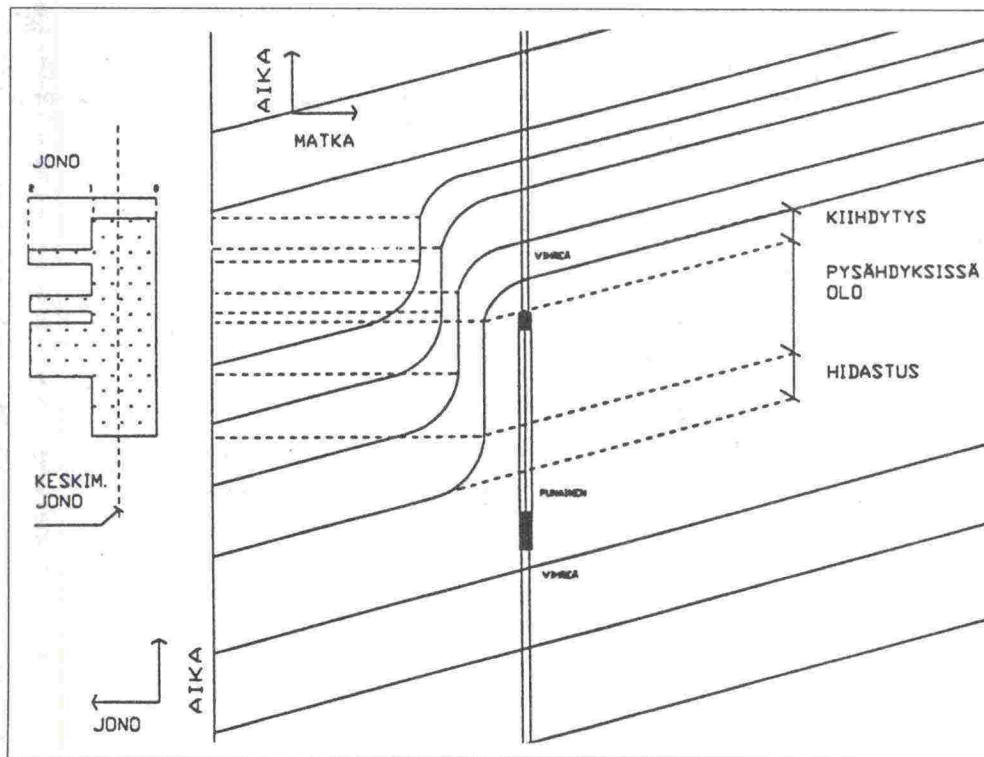
Järjestelyssä mikrotietokone on kytketty I/O -kortin välityksellä liikennevalojen ohjauskojeen ohjausyksikköön. Mikrotietokoneen tehtävänä on tuottaa liikennettä, pitää yllä vallitseva liikennetilanne eli huolehtia siitä että ajoneuvot etenevät hallitusti todellisuutta vastaavassa järjestyksessä sekä tallettaa simuloinninaikaiset tapahtumat myöhempää analyysia varten.

Liikennevalojen ohjauskoje ohjelmoidaan haluttua ohjaustapaa ja ohjelmaa noudattavaksi. Ilmaisiparametrit asetetaan todellisen liikennejärjestelyn mukaisesti vastaamaan simulointimallin liittymäkuvausta.

Ohjauskojeena tehdyssä tutkimuksessa on käytetty FCA 2024P -kojetta, joka on päivitetty CPU-kortilla ELC-2 -tasolle. Ohjauskoje on kytketty mikrotietokoneeseen ristikytäkentän kautta. Tietoliikenne mikron ja ohjauskojeen välillä tapahtuu rinnakkaismuodossa.

Ajoneuvojen liikkuminen mallissa perustuu tavoitenopeustasoon ja sallittuihin välimatkoihin kulloinkin käytettävissä olevalla nopeustasolla. Hidastamista aiheuttavat edellä ajava hitaampi ajoneuvo, punainen tai keltainen liikennevalo sekä mahdollinen väistettävä liikennevirta, jota kuvataan erityisellä väistöoliolla. Väistöolion tila on riippuvainen väistettävän liikenteen esiintymisestä. Mallissa se toimii samalla tavalla kuin liikennevalo-opastin.

Kunkin liikennejärjestelyn eri ohjaustavat simuloitiin samoilla liikennemäärillä ja täsmälleen samoilla liikennevirroilla. Tämän takia eri ohjaustapojen tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia.



Kuva 2: Simuloinnissa mitattavien suureiden (viivytykset, pysähdykset) mitaus.

3 LIIKENNEVALOJEN TOIMINNAN KUVAUS

3.1 Malliristeys

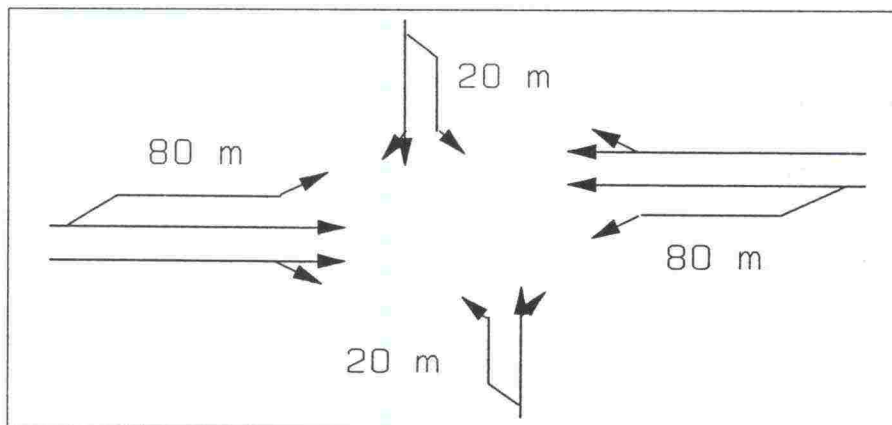
Malliristeys (liitekuva 1) on tyypillinen nelikaistaisen pääkadun liikennevaloristeys. Vasemmalle kääntyvälle liikenteelle on varattu omat kaistat kaikissa ajosuunnissa. Liikennevaloissa on kolme vaihetta: pääkadun, sivukadun ja pääkadulta vasemmalle kääntyvän liikenteen vaiheet. Tällainen liikennevalojen vaihejako on Suomessa varsin yleinen - eräänlainen valo-ohjauksen perusmalli silloin kun sivukatujen liikenne ei ole kovin vilkasta.

Malliristeyksen liikenteen nopeusrajoituksen on oletettu olevan 50 km/h.

Kaistakaavio

Pääkadulla on kaksi läpimenevää kaistaa (kuva 3). Vasemmalle kääntyvälle liikenteelle on varattu oma ryhmittymiskaista. Sen pituus on 80 metriä.

Sivukadulla on yksi läpimenevä kaista sekä vasemmalle kääntymiskaista. Kääntymiskaistan pituus on 20 metriä.



Kuva 3: Malliristeyksen kaistakaavio ja kaistapituudet

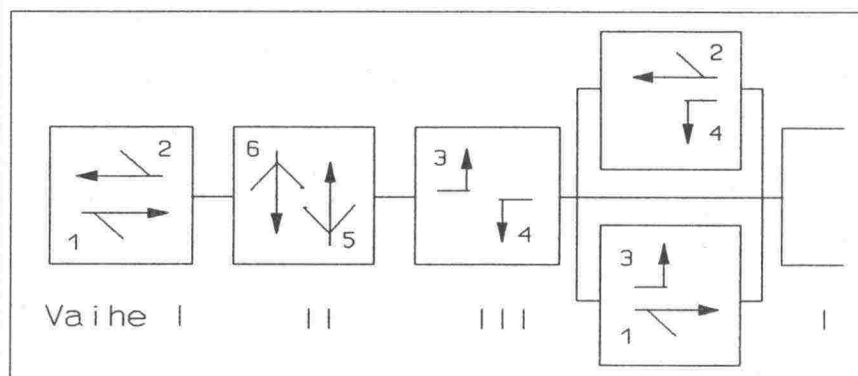
Vaihekaavio

Pääkadun vasemmalle kääntyvä liikenne ohjataan nuoliopastimilla. Vaihejärjestys on valittu siten, että vasemmalle kääntyvä vaihe on aina ennen pääkadun vaihetta (kuva 4). Tämän takia risteyksen ylimääräinen välityskyky koituu aina pääkadun läpimenevän liikenteen hyväksi.

Pääkadun oikealle kääntyvä liikenne ohjataan pääkadun suoraan ajavan liikenteen kanssa.

Sivukadun liikenne ohjataan samanaikaisesti molemmista ajosuunnista. Tällaista ohjaustapaa kutsutaan sekavaiheeksi. Sekavaihe on tyypillinen silloin

kun vasemmalle kääntyvä liikenne on vähäistä - huipputunnin vasemmalle kääntyvä liikenne on yleensä alle 100 - 200 autoa tunnissa eli 3-5 autoa yhtä vihreää vaihetta kohden.



Kuva 4: Malliristeyksen vaihejako. Nuolet kuvaavat ajosuuntia, joita ohjataan samalla opastimella. Numerot (1-6) osoittavat opastinryhmän tunnuksen.

Ohjaustapa

Liikennevalojen ohjaustapa on täydellinen liikennetietoohjaus. Jokainen opastinryhmä tulee vihreäksi vain omasta pyynnöstä. Tämä merkitsee että vihreää valoa näytetään vain niille tulosuunnille, joilla on liikennettä.

Sivusuunnan opastinryhmille R5 ja R6 on asetettu keskinäinen oheispyyntö. Opastinryhmä R5 tulee vihreäksi myös R6:n pyynnöstä ja päinvastoin. Käytännössä tämä merkitsee, että R5 ja R6 ovat **aina** yhtäaikaan vihreänä.

Opastinryhmien vihreän ajan laskenta käynnistyy aina eriaikaisen opastinryhmän vihreän pyynnöstä.

Opastinryhmien vihreän ajan maksimipituudet ovat seuraavat:

Opastinryhmä	Vihreän maksimiaika
R1,R2	30
R3,R4	10
R5,R6	20

Vihreän ajan maksimipituudet on laskettu karkeasti Websterin kaavalla kaksi kertaa suuremmalle liikenteelle kuin tutkimuksessa on käytetty. Lisäksi maksimiaikojen pituutta on kaikkien suuntien osalta jatkettu noin 50 %:lla, mikä vastaa suositusta liikenneohjattujen valojen maksimiaikojen määrittämisestä. Valojen kokonaiskiertoaika on siten 75 sekuntia, mikä on huomattavasti enemmän kuin optimikierron mukainen kiertoaika.

Kaikkien opastinryhmien minimivihreä on 4 sekuntia ja minimipunainen 5 sekuntia. Punakeltainen aika on 1 sekunti ja keltainen aika 3 sekuntia. Eriaikaisten opastinryhmien väliset vaihtoajat ovat kestoaltaan 5 sekuntia. Ne on määritelty välittömästi lopettaviksi eli opastinryhmän vihreä päättyy vaiheen lopussa.

Lepotila

Liikennevaloissa toteutuu lepotila silloin kun itse risteyksessä tai sitä lähestymässä ei ole yhtään autoa tai jalankulkijaa. Tavallisesti päiväaikana liikenne on niin vilkasta, ettei lepotila juuri koskaan "ehdi" toteutua. Sensijaan ilta- ja yöaikana, jolloin liikenne on vähäistä, liikennevalot voivat olla lepotilassa pitkiäkin aikoja yhtäjaksoisesti.

Simuloinnissa on käytetty kolmea tunnettua lepotilaa: päätien lepovihreää, viimeisen vaiheen lepovihreää ja kokopunaista. Nämä lepotilat ovat kaikki yleisesti käytettyjä. Näiden ohella on olemassa muitakin lepotiloja, mutta ne ovat yleensä enemmän tai vähemmän edellisten erikoistapauksia.

Seuraavassa on lyhyt luonnehdinta kustakin simuloidusta lepotilasta sekä ennen tämän tutkimuksen valmistumista vallinnut käsitys sen soveliaista käyttöolosuhteista.

Päätien lepovihreä

Lepotilan aikana päätien liikenteen opastinryhmät (R1 ja R2) ovat vihreinä. Jos ennen lepotilaa R1 ja R2 ovat olleet vihreinä, ne jäävät vihreiksi myös lepotilan ajaksi. Jos joku toinen opastinryhmä on ennen lepotilaa vihreänä, se vaihtuu punaiseksi, jolloin R1 ja R2 pääsevät vaihtumaan vihreiksi.

Päätien lepovihreää on suositeltu käytettäväksi lepotilana yleensä silloin kun päätien liikenne on selvästi vilkkaampaa kuin sivukaduilla. Pääsuunnan lepotilaa käytetään myös jos pääkadun suuntainen jalankulkuvihreä sisältyy lepotilaan.

Viimeinen vaihe lepovihreänä

Lepotilaksi jää viimeisin toteutunut vaihe. Valo-ohjaus ikäänkuin pysähtyy hetkeksi jatkuakseen vasta seuraavan auton tai jalankulkijan lähestyessä risteystä. Lepotilan aikana voi siten mikä tahansa opastinryhmä olla vihreänä.

Viimeistä vaihetta käytetään lepovihreänä silloin kun liikennemäärät ovat tasaisesti jakautuneet eri tulosuuntien kesken eikä kokopunaista lepotilaa voida käyttää.

Kokopunainen lepotila

Lepotilassa kaikki opastinryhmät näyttävät punaista valoa. Vihreänä olevat opastinryhmät vaihtuvat punaisiksi heti viimeisen auton tai jalankulkijan ohitettua risteuksen. Kokopunaisen lepotilan aikana ensimmäinen risteykseen saapuva auto saa vihreän valon tullessaan ilmaisimen kohdalle.

Kokopunaista lepotilaa voidaan käyttää vain jos tulosuunnan suoraan ajavan liikenteen ensimmäinen ilmaisin on vähintään 50 metrin etäisyydellä pysäytysviivasta. Jos ilmaisin on lähempänä risteystä, punaista valoa vasten ajo saattaa lisääntyä. Autoilijat alkavat luottaa siihen että valot ehtivät vaihtua vihreäksi juuri kun he ajavat risteykseen. Kahden tällä tavoin ennakoivan autoilijan ajo risteykseen samanaikaisesti voi johtaa yhteentörmäykseen.

ELC-2 ohjauskojeen ohjelmoinnit eri lepotilavaihtoehtoissa on esitetty liitteessä 5. Huomaa erikoisesti opastinryhmien R3 ja R4 vaatima lisäohjelmointi - vihreän lopetustapa vihreän pidennyksen päättyessä.

Aikaohjaus

Vertailun vuoksi simuloinnissa on tarkasteltu myös liikennevalojen kiinteän kierron aikaohjausta. Aikaohjauksessa jokainen opastinryhmä tulee vaihejärjestyksen puitteissa vuorollaan vihreäksi. Vihreän pituus on aina maksimiajan pituinen. Liikenteen määrä ei siten vaikuta valojen toimintaan millään tavoin.

Aikaohjauksen ajoitus ei ole optimaalinen vaan vastaa sitä ohjaustilannetta, jolloin kaikkien opastinryhmien vihreät ajat jatkuvat koko maksimiajan loppuun asti.

Ilmaisimet

Simuloinnissa on tarkasteltu kolme erilaista ilmaisimien sijoitustapaa (kuva 5). Pääkadun läpimenevien kaistojen ilmaisimien sijainti on määritelty malliristeyksessä käytetyn 50 km/h nopeusrajoituksen perusteella. Eri vaihtoehdot ovat seuraavat:

Ilmaisimet kaukana (3 ilmaisinta)

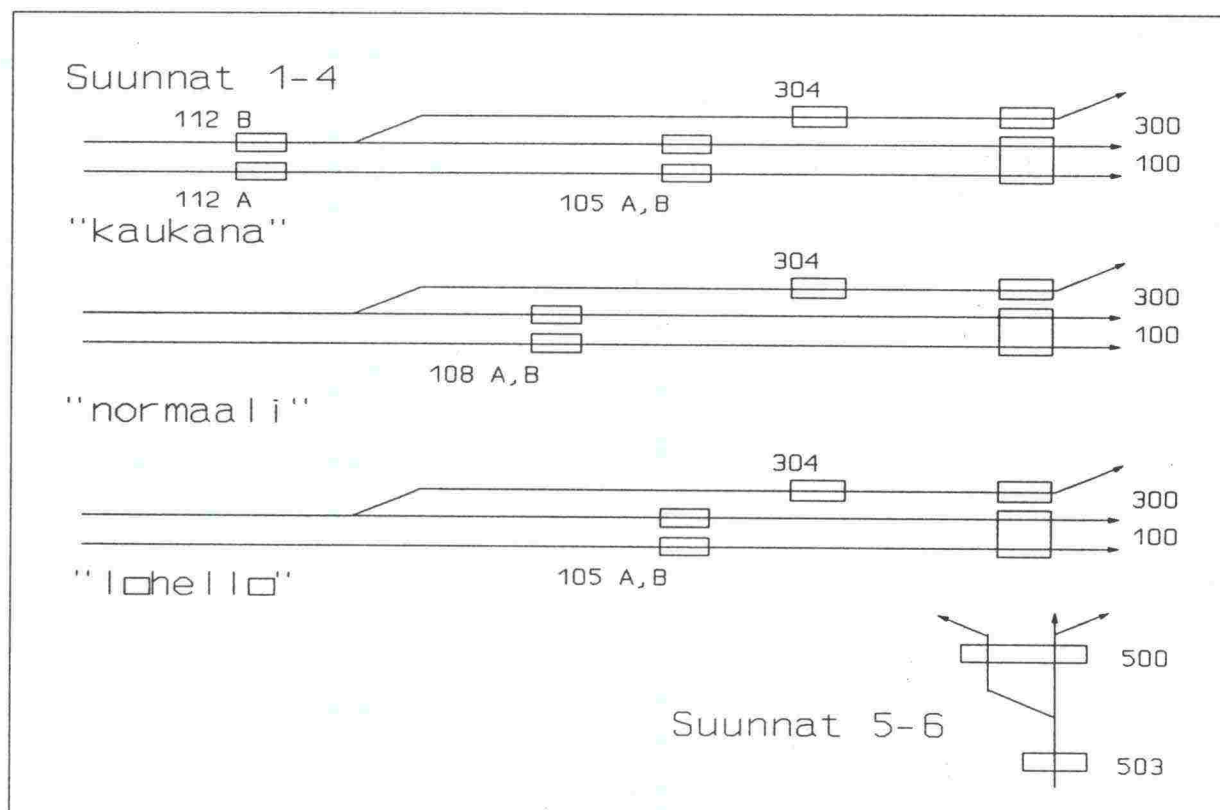
Ensimmäinen ilmaisin on 120 metrin ja toinen ilmaisin 50 metrin etäisyydellä pysäytysviivasta. Kolmas ilmaisin on 5 metriä ennen pysäytysviivaa.

Ilmaisimet normaalietaisyydellä (2 ilmaisinta)

Ensimmäinen ilmaisin on 80 metrin etäisyydellä pysäytysviivasta valaisin on 5 metriä ennen pysäytysviivaa.

Ilmaisimet lähellä (2 ilmaisinta)

Ensimmäinen ilmaisimien on 50 metrin etäisyydellä pysäytysviivasta. Toinen ilmaisimien on 5 metriä ennen pysäytysviivaa.



Kuva 5: Malliristeyksen ilmaisimien sijoitus

Ilmaisimen ensimmäinen numero (1-6) viittaa siihen opastinryhmään, jota ilmaisimien ohjaa. Kaksi viimeistä numeroa osoittavat ilmaisimien etäisyyden pysäytysviivasta kymmeninä metreinä. Viimeisenä oleva kirjain osoittaa kaitan - A on oikean ja B on vasemman kaitan tunnuskirjain.

Nopeusrajoituksella 60 km/h ja 70 km/h pääkadun ilmaisimet on sijoitettava jonkin verran kauemmaksi, koska ajoneuvot käyttävät suurempia nopeuksia. Vastaavat etäisyydet ovat eri tilanteissa seuraavat:

Nopeusrajoitus (km/h)	Ilmaisimetäisyydet (m)		
	lähellä	välissä	kaukana
50	50	80	120
60	60	95	140
70	70	110	160

Ilmaisetäisyyden ohella valo-ohjauksen toimintaan vaikuttavat myös ilmaisilogiikoihin ohjelmoidut vihreän pidennysajat (pidennysaikaaväli). Vähäisen liikenteen valo-ohjauksessa niiden merkitys on kuitenkin vähäisempi kuin ruuhka- ja päiväliikenteessä, koska vihreä aika pidentyy hyvin harvoin - tuskin koskaan maksimipituuteensa. Näin ollen tulokset ovat pääpiirteittäin riippumattomia nopeusrajoituksista edellyttäen että ilmaisetäisyydet ovat oikeassa suhteessa nopeusrajoitukseen.

Muiden ilmaisimien sijoitus on sama kaikissa vaihtoehtoissa. Pääkadun vasemmalle kääntyvien kaistojen ensimmäinen ilmaisin on 40 metrin etäisyydellä pysäytysviivasta ja toinen ilmaisin 5 metriä ennen pysäytysviivaa. Sivukaduilla ensimmäinen ilmaisin on 30 metrin etäisyydellä pysäytysviivasta. Toinen ilmaisin on 5 metriä ennen pysäytysviivaa.

Ilmaisetlogiikat on ohjelmoitu seuraavasti:

- * Kaikille ilmaisimille on ohjelmoitu muistipyyntö. Opastinryhmän punaisen valon aikana ilmaisimesta saatu ilmaisu jää muistiin kunnes opastinryhmä on vaihtunut vihreäksi
- * Pysäytysviivan tuntumassa oleville ilmaisimille on ohjelmoitu kertakäynnisteinen vihreän pidennys. Opastinryhmän vihreän pidennyslaskenta päättyy heti, kun ilmaisimen pidennysaikaaväli on kertaalleen ylitetty. Tämän jälkeen ilmaisin ei enää kykene pidentämään ohjaamansa opastinryhmän vihreää.
- * Muille ilmaisimille on ohjelmoitu uudelleen käynnistyvä vihreän pidennys. Opastinryhmän vihreän pidennyslaskenta voi alkaa uudelleen, vaikka ilmaisimen pidennysaikaaväli olisi hetkellisesti ylitetty.
- * Ilmaisimien pidennysaikaaväli ovat kiinteät koko vihreän pidennyksen ajan. Ne ovat oheisen asetelman mukaiset:

Ilmaisin (Nro)				Etäisyys (m)	Pidennysaikaaväli (s)
100	200	300	400	5	1.0
500	600			5	1.0
105A	105B	205A	205B	50	3.5
108A	108B	208A	208B	80	5.5
112A	112B	212A	212B	120	6.0
304	404			40	3.0
503	603			30	3.0

Liikennemäärät

Simuloinnissa on käytetty kahta liikennemäärää 150 a/h ja 400 a/h. Liikenteen on oletettu jakautuvan pää- ja sivutien kesken kahdella tavalla 2:1 ja 5:1. Simuloitavat tilanteet on esitetty seuraavassa (luvut nuolten vieressä kuvaavat simuloinnin käsittelemiä ajoneuvoja).

<table border="1"> <tr> <td>Liikenne (ajon/h)</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Pää- ja sivutien liikenteen jakautuma</td> <td>5 : 1</td> </tr> </table>	Liikenne (ajon/h)	150	Pää- ja sivutien liikenteen jakautuma	5 : 1	
Liikenne (ajon/h)	150				
Pää- ja sivutien liikenteen jakautuma	5 : 1				
<table border="1"> <tr> <td>Liikenne (ajon/h)</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Pää- ja sivutien liikenteen jakautuma</td> <td>2 : 1</td> </tr> </table>	Liikenne (ajon/h)	150	Pää- ja sivutien liikenteen jakautuma	2 : 1	
Liikenne (ajon/h)	150				
Pää- ja sivutien liikenteen jakautuma	2 : 1				
<table border="1"> <tr> <td>Liikenne (ajon/h)</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>Pää- ja sivutien liikenteen jakautuma</td> <td>5 : 1</td> </tr> </table>	Liikenne (ajon/h)	400	Pää- ja sivutien liikenteen jakautuma	5 : 1	
Liikenne (ajon/h)	400				
Pää- ja sivutien liikenteen jakautuma	5 : 1				
<table border="1"> <tr> <td>Liikenne (ajon/h)</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>Pää- ja sivutien liikenteen jakautuma</td> <td>2 : 1</td> </tr> </table>	Liikenne (ajon/h)	400	Pää- ja sivutien liikenteen jakautuma	2 : 1	
Liikenne (ajon/h)	400				
Pää- ja sivutien liikenteen jakautuma	2 : 1				

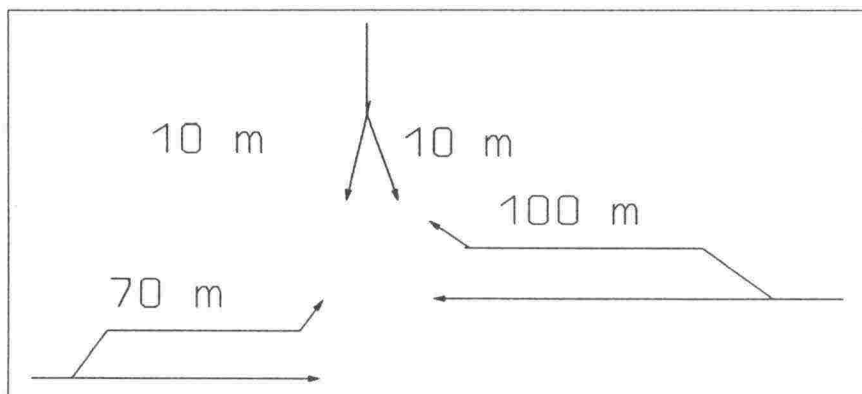
3.2 Norrholmenin risteys

Toinen simuloitava liikennevaloristeys on tielaitoksen Vaasan piirin alueella oleva valtatie 3 ja valtatie 8 liittymä "112-Norrholmen" (liite 2) Risteyksen liikennevalot on rakennettu vuonna 1990 ja ovat Vaasan kaupungin hoidossa. Liikennevalo-ohjauksen ovat suunnitelleet Matti Salonen ja Jari Oinas.

Risteyksessä on 70 km/h nopeusrajoitus.

Kaistakaavio

Päätiellä on molemmissa suunnissa on yksi läpimenevä kaista sekä kääntymiskaista (kuva 6). Vasemmalle kääntymiskaistan pituus on noin 70 metriä ja oikealle kääntymiskaistan pituus 100 m. Sivutien suunnassa on yksi kaista.



Kuva 6: Norrholmenin risteyksen kaistakaavio ja kaistapituudet.

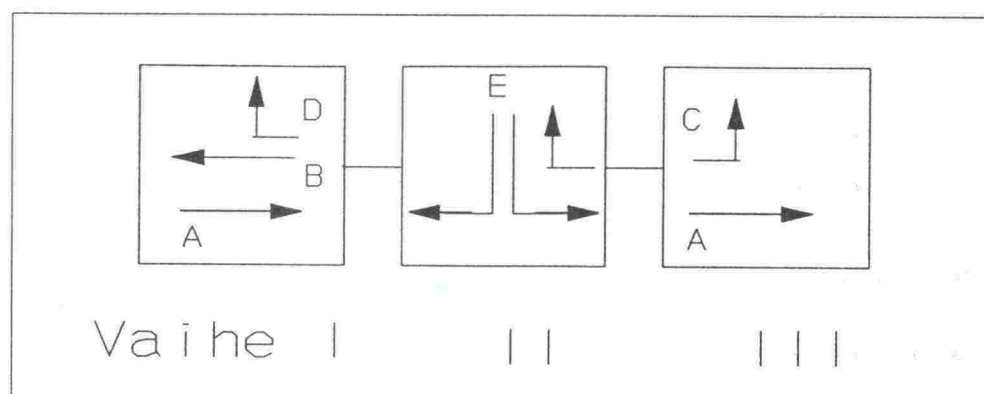
Vaihekaavio

Päätieltä erkanevat liikennevirrat ohjataan nuoliopastimilla. Sivusuunnan liikenne ohjataan yhdellä opastinryhmällä - sekä oikealle ja vasemmalle kääntyvä liikenne samanaikaisesti. Vaihejärjestys on valittu siten, että vasemmalle kääntyvä vaihe on aina ennen pääkadun vaihetta (kuva 7). Risteyksen ylimääräinen välityskyky tulee näin aina päätien läpimenevän liikenteen hyväksi.

Ohjaustapa

Liikennevalojen ohjaustapa on täydellinen liikennetieto-ohjaus. Vihreää valoa näytetään vain niille tulosuunnille, joilla on liikennettä.

Opastinryhmien vihreän ajan laskenta käynnistyy eriaikaisen opastinryhmän vihreän pyynnöstä.



Kuva 7: Norrholmenin risteyksen liikennevalojen vaihejako. Nuolet kuvaavat ajosuuntia, joita ohjataan samalla opastimella. Kirjaimet (A-E) osoittavat opastinryhmän tunnuksen.

Opastinryhmien vihreän ajan maksimipituudet ovat seuraavat:

Opastinryhmä	Minimivihreä (s)	Vihreän maksimiaika maksimiaika (s)	Lopetusviive (s)
A B	5	25	13
C	4	7	-
D	4	20	-
E	5	15	-

Päätien läpiajavan liikenteen opastinryhmillä on 3 sekunnin kiinteä ja 2 sekunnin muuttuva keltainen aika. Kaikki vaihtoajat ovat välittömästi lopettavia.

Lepotila

Liikennevalojen lepotila on kokopunainen. Lepotilan aikana kaikki opastinryhmät näyttävät punaista valoa. Kokopunainen lepotila toteutuu kun yhdelläkään opastinryhmällä ei ole vihreän pyyntöä tai pidennystä.

Ilmaisimet

Liittymässä on kaikkiaan 17 ilmaisinsilmukkaa (kuva 8), joille on ohjelmoitu 22 erilaista ilmaisintoimintoa (ilmaisinlogiikkaa).

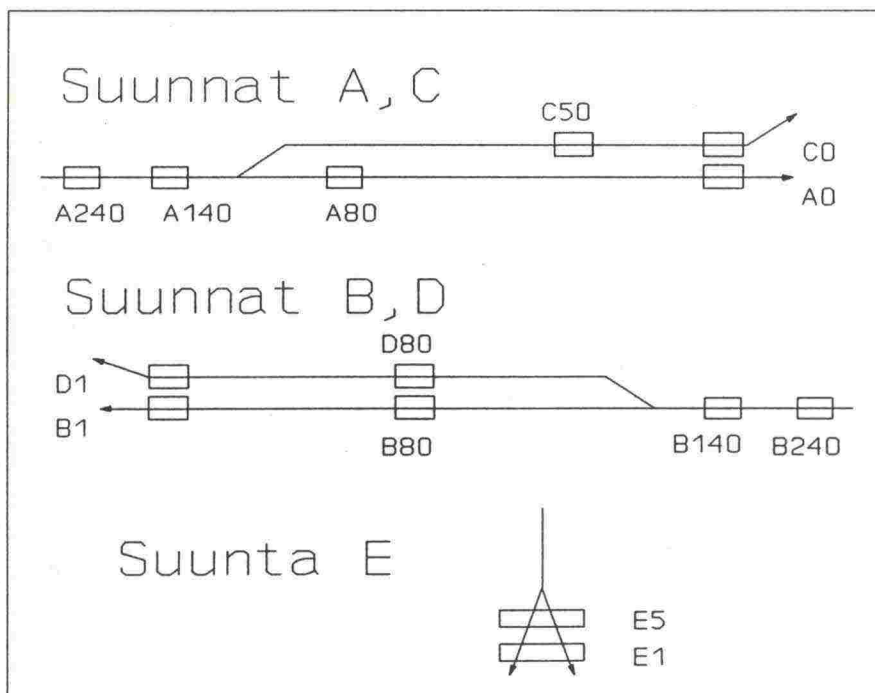
Päätien läpimenevää liikennettä varten on viisi ilmaisinta. Ensimmäinen ilmaisin n. 248 m etäisyydellä pysäytysviivasta ja viimeinen juuri ennen pysäytysviivaa.

Pääsuunnan erkaneville liikennevirroille sekä sivutien liikenteelle on kaksi ilmaisinta - toinen 50-80 metrin etäisyydellä ja toinen pysäytysviivalla.

Seuraavassa on tiivistelmä eri ilmaisimien toiminnoista:

Ilmaisimet A0 ja B1	Läsnäolopyyntö, vihreän pidennys
Ilmaisimet A80 ja B80	Muistipyyntö, vihreän, lopetusviiveen, keltaisen ja vaihtoajan pidennys
Ilmaisimet A140, B140	Muistipyyntö, vihreän ja lopetusviiveen pidennys
Ilmaisimet A240, B240	Vihreän pidennys (kun eriaikaisella suunnalla ei ole liikennettä) Vihreän pidennys kahdelle autolle Pääsuunnan vihreän varaus
Ilmaisimet A248->A240 ja B248->B240	Muistipyyntö rekka-autosta Vihreän pidennys rekka-autosta (ei käytössä simuloinnissa)
Ilmaisimet C0, D1 ja E1+E5	Läsnäolopyyntö ja vihreän pidennys
Ilmaisimet C50, D80, ja E60	Muistipyyntö ja vihreän pidennys

Kaikki vihreän pidennykset tapahtuvat uudelleenkäynnistyvästi ilmaisinta E1+E5 lukuunottamatta



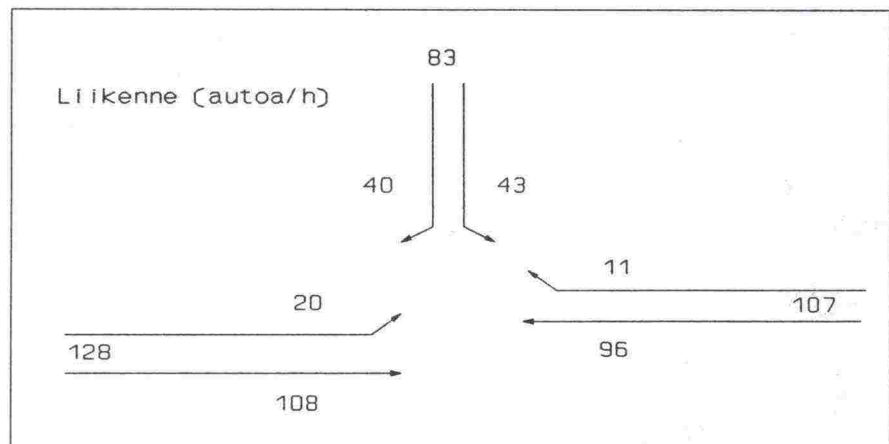
Kuva 8: Norrholmenin risteyksen ilmaisimien sijainti. Ilmaisimen ensimmäinen kirjain viittaa opastinryhmään, jota ilmaisimien ohjaa. Numerot osoittavat ilmaisimen etäisyyden pysäytysviivasta.

Ilmaisinvaurio

Simuloinnissa on tarkasteltu liikennevalojen toimintaa tilanteessa, jossa sivutien yksi ilmaisin (E60) on vaurioitunut. Tällöin sivutien liikenteen vihreä toteutuu omalla vuorollaan säännöllisesti riippumatta siitä, onko sivusuunnalla liikennettä tai ei. Vihreä jatkuu myös aina maksimipituuteensa asti.

Liikennemäärät

Simuloinnissa käytetty liikennemäärä 350 a/h vastaa likimain malliristeyksen liikennettä 400 a/h. Eri suuntien liikennemäärät ovat oheisen kaavion mukaiset.



Kuva 9: Norrholmenin risteyksen simuloinnin liikennemäärät.

4 TULOKSET

4.1 Malliristeys

Tutkimusasetelma

Malliristeyksessä on tutkittu liikennevalojen lepotilan vaikutuksia liikenteen viivytyksiin ja pysähdyksiin. Samalla on selvitetty, miten etäälle ilmaisimet kannattaa eri lepotiloissa sijoittaa.

Tarkastelu on tehty kahdella liikennemäärällä sekä kahdella erilaisella pää-tien ja sivutien välisellä liikenteen jakautumalla.

Vertailun vuoksi valo-ohjauksen toimintaa on arvioitu myös valojen toimiessa aikaohjauksella. Aikaohjauksen aikana liikenteen määrä ja ilmaisimet eivät vaikuta valojen toimintaan vaan valot toimivat koko ajan samalla tavalla.

Tutkimusasetelma on oheisen kaavion mukainen:

Ensisijainen tutkimuskohde:

LIIKENNEVALOJEN LEPOILA			
Päätien vihreä	Viimeinen vihreä	Aikaohjaus	Kokopunainen
Miten paljon liikenteelle aiheutuu viivytyksiä ja pysähdyksiä eri lepotilavaihtoehtojen aikana ja aikaohjauksen aikana?			

Toissijainen tutkimuskohde:

PÄÄTIEN ENSIMMÄISEN ILMAISIMEN ETÄISYYS PYSÄHDYSVIIVASTA		
50 m	80 m	120 m
Miten päätien ilmaisimen etäisyys vaikuttaa liikenteen viivytyksiin ja pysähdyksiin eri lepotilavaihtoehtoisissa?		

Tutkimusolosuhteet:

LIIKENNEMÄÄRÄ (a/h)	150		400	
Liikennemäärän jakautuma päätien ja sivutien kesken	2:1	5:1	2:1	5:1
Miten liikennemäärä ja sen jakautuma päätien ja sivutien kesken vaikuttavat eri tutkimustilanteissa?				

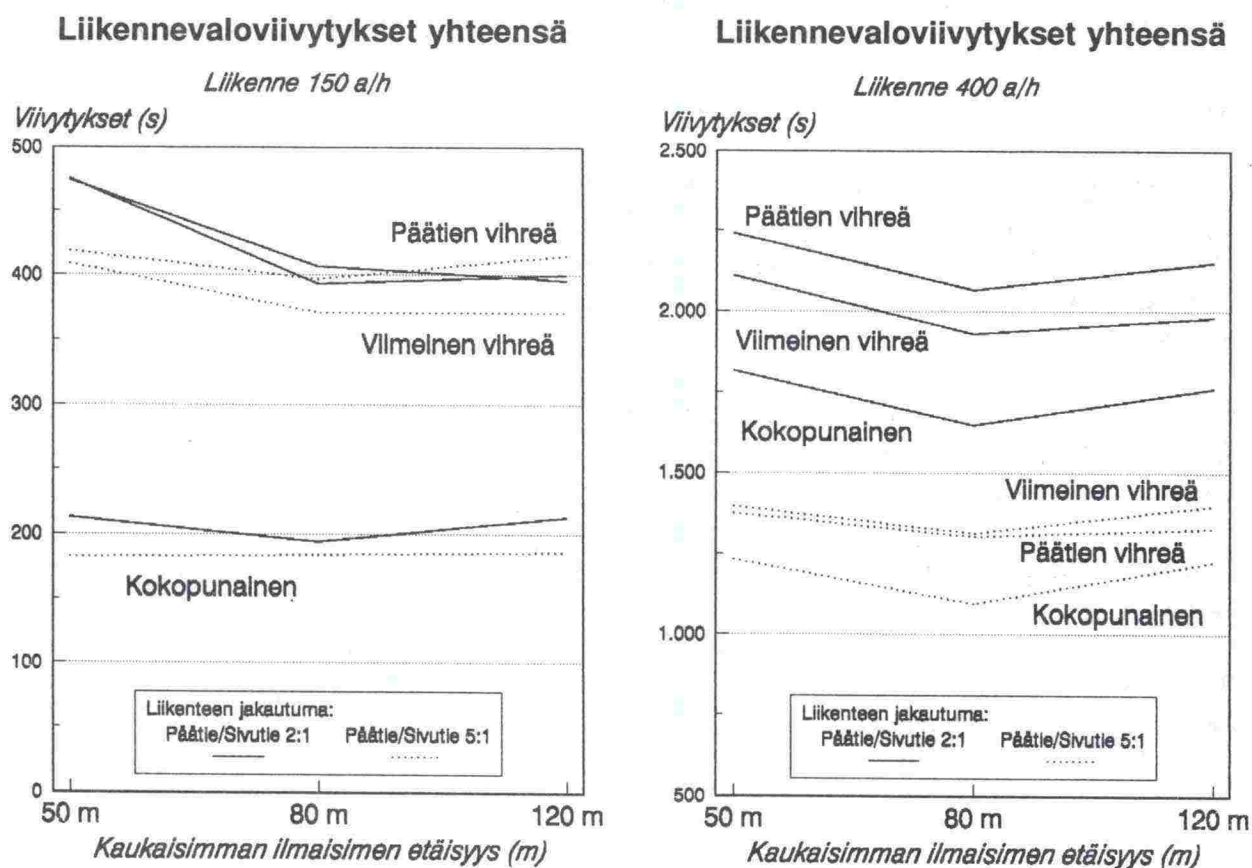
Risteykseen saapuva liikenne jakaantuu satunnaisesti. Kaikissa tutkittavissa tilanteissa (lepotilat, ilmaisimien sijoitukset) liikenne on kuitenkin täsmälleen samalla tavalla jakaantunutta.

Simulointiaika kussakin tilanteessa on noin yksi tunti. Kaikkiaan simuloinnissa on käsitelty noin 13 000 autoa 42 tunnin ajalta.

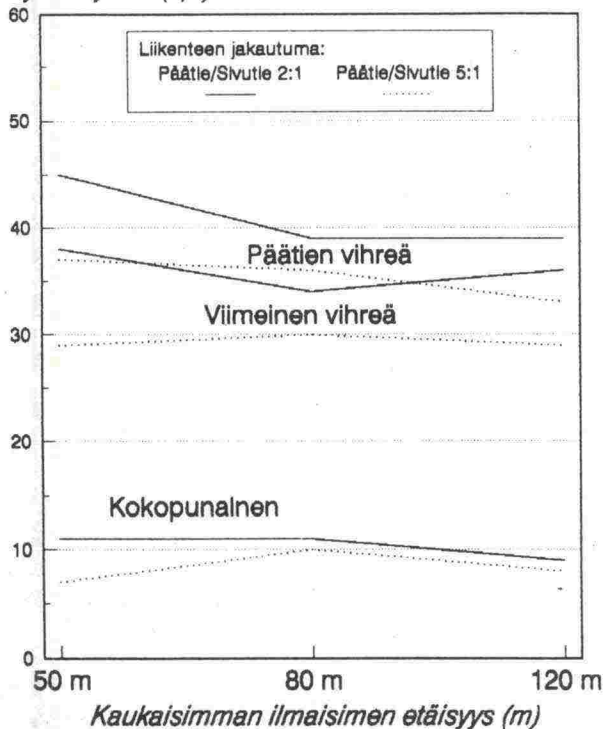
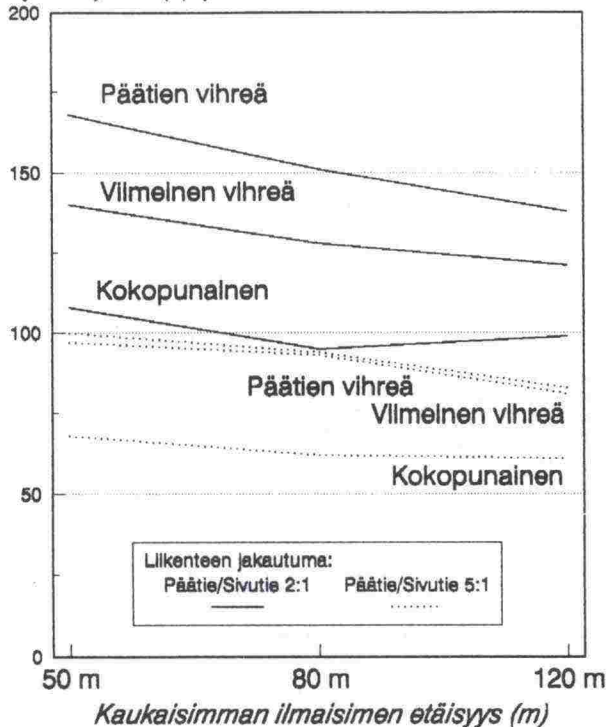
Eräät liikennevirrat ovat liikenteen vähäisen määrän takia jääneet simuloinnissa hyvin pieniksi - vähemmäksi kuin 10 autoa. Tällaisten liikennevirtojen viivytysten ja pysähdysten laskennassa satunnaisvaikutus saattaa olla merkittävä virhelähde. Satunnaisuus ei kuitenkaan näytä aiheuttaneen tuloksiin niin suuria muutoksia, että absoluuttiset erot eri laskentakertoilla olisivat huomionarvoisia. Tämän vuoksi satunnaisvaikutuksella ei ole ratkaisevaa merkitystä tämän tutkimuksen lopputuloksiin ja niiden perusteella tehtyihin päätelmiin.

Tulokset - koko risteyksen liikenne

Kokopunainen lepotila aiheuttaa risteyksen liikenteelle kokonaisuudessaan vähimmät viivytykset ja pysähdykset (kuvat 10 ja 11).



Kuva 10: Malliristeyksen viivytykset koko liikenteelle eri lepotiloissa.

Liikennevalopysähdykset yhteensä*Liikenne 150 a/h**Pysähdykset (kpl)***Liikennevalopysähdykset yhteensä***Liikenne 400 a/h**Pysähdykset (kpl)*

Kuva 11: Malliristeyksen pysähdykset koko liikenteelle eri lepotiloissa.

Erityisesti hyvin vähäisen liikenteen aikana (150 a/h) ja myös silloin kun sivutien liikenne on vähäistä, kokopunainen on selvästi muita lepotiloja edullisempi. Tämä selittyy pitkälti sillä, että tällöin liikenne on niin harvaa, että lähes jokainen auto ehtii saada vihreän valon joko heti tai hyvin pienen odotuksen jälkeen.

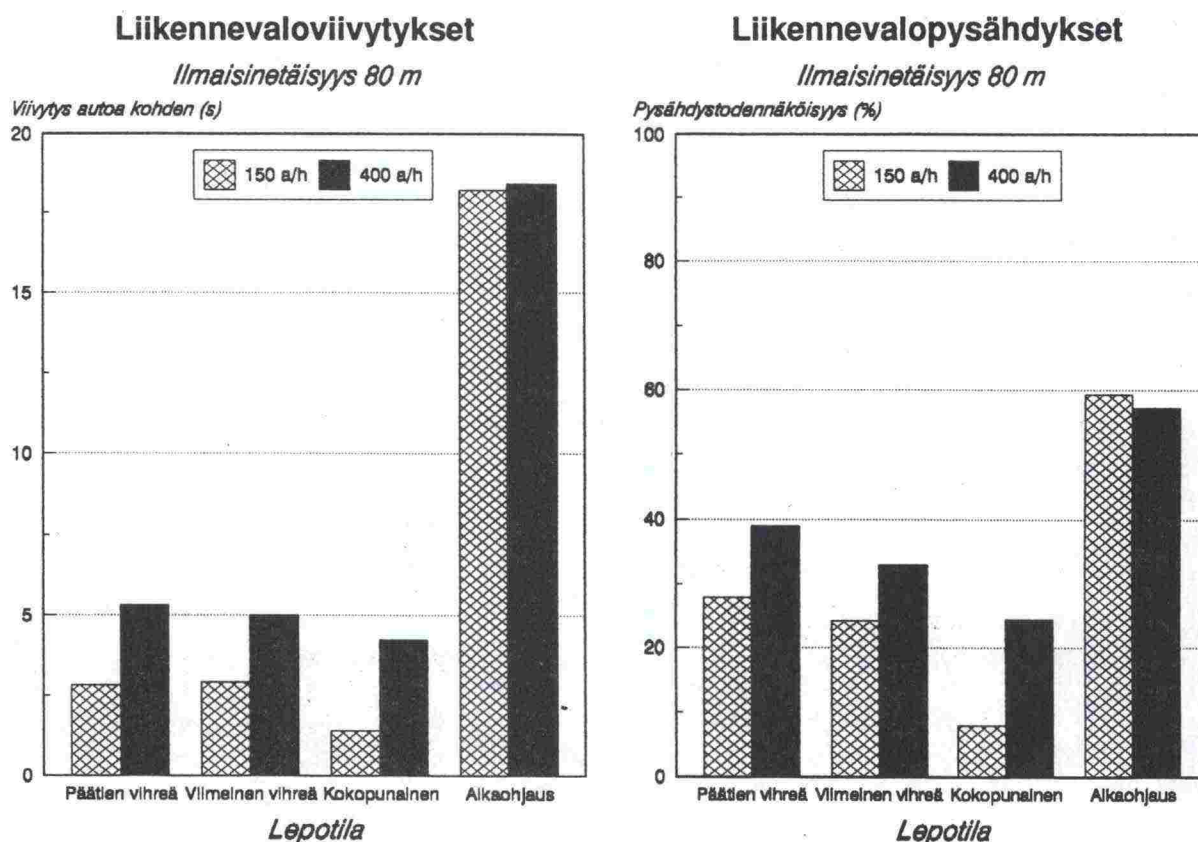
Päätien vihreä ja viimeinen vihreä -lepotilojen väliset erot ovat verraten vähäisiä. Päätien vihreä -lepotila on ehkä jonkin verran edullisempi varsinkin liikennemäärien lisääntyessä.

Päätien ensimmäisen ilmaisimen etäisyydellä on paljon vähäisempi vaikutus viivytyksiin ja pysähdyksiin kuin lepotilalla.

Viivytykset ovat pienimmät silloin, kun päätien ensimmäinen ilmaisin on 80 metrin etäisyydellä risteyksestä. Havainto näyttää olevan suhteellisen riippumaton liikennemäärästä ja pää- ja sivutien liikenteen keskinäisestä jakautumasta.

Pysähdysten määrä sensijaan vähenee sitä mukaa, mitä kauempana ensimmäinen ilmaisin sijaitsee. Hyvin vähäisen liikenteen (150 a/h) aikana ilmaisinetäisyyden vaikutus on kuitenkin enää hyvin vähäinen.

Kuvassa 12 ja taulukossa I on tarkasteltu valoista aiheutuvia viivytyksiä ja pysähdyksiä tyypillisimmässä tilanteessa - silloin kun päätien ensimmäinen ilmaisin on 80 metrin etäisyydellä valoista sekä liikenteen jakautuma päätien ja sivutien kesken on 2:1. Muilla ilmaisinetäisyyksillä ja toisella liikenteen jakautumalla tulokset ovat samansuuntaisia joskin lukuarvoiltaan erilaisia.



Kuva 12: Malliristeyksen viivytykset ja pysähdykset 80 m ilmaisinetäisyydellä (liikenne jakautuu pää- ja sivutien kesken suhteessa 2:1).

Taulukko I: Liikennevalojen aiheuttamat autokohtaiset viivytykset ja pysähtymistodennäköisyys eri lepotilojen ja aikaohjauksen aikana.

	LIIKENNEMÄÄRÄ 150 a/h		LIIKENNEMÄÄRÄ 400 a/h	
	Viivytykset (s)	Pys.tod.näk. (%)	Viivytykset (s)	Pys.tod.näk. (%)
Lepotila: Pääsuunnan vihreä	2.8	27.9	5.3	38.8
Viimeinen vihreä	2.9	24.3	5.0	32.9
Kokopunainen	1.4	7.9	4.2	24.4
Aikaohjaus	18.2	59.3	18.4	57.3
TILANNE: Päätien ilmaisinetäisyys = 80 m. Päätien ja sivutien liikenteen jakautuma 2:1. Aikaohjauksella valojen toiminta on aina samanlaista (ei lepotilaa)				

Lepotilasta riippumatta yksittäisille autoille aiheutuneet viivytykset jäävät keskimäärin vähäisiksi. Erot eri lepotilojen välillä ovat alle 2 s. Lepotilojen välisiä eroja ei siten käytännössä ole mahdollista havaita.

Sensijaan pysähdysten määrä eri lepotiloissa vaihtelee selvästi. Liikennemäärällä 150 a/h pysähtymistodennäköisyys kokopunaisen aikana on vain noin kolmasosa muihin lepotiloihin verrattuna. Suuremmalla liikennemäärällä ero on vähäisempi, mutta tällöinkin kokopunainen on huomattavasti parempi kuin muut lepotilat.

Aikaohjaus tuottaa liikenteelle 3 - 7 kertaa pitemmät viivytykset ja 1.5 - 7 kertaa enemmän pysähdyksiä kuin valojen toiminta liikenneohjauksisesti. Autoa kohden viivytykset lisääntyvät 13 - 16 sekuntia. Aikaohjauksen haitat tulevat sitä korostuneemmin esiin mitä vähäisempää liikenne on.

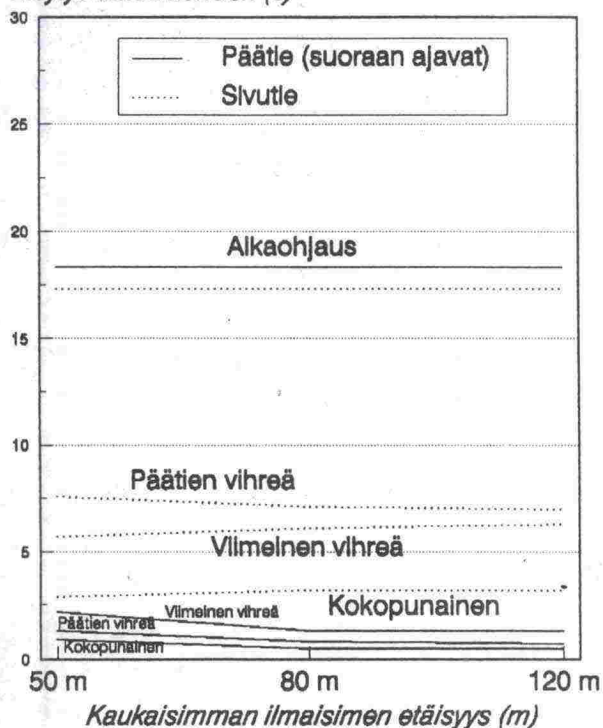
Tulokset - eri tulosuuntien liikenne

Päätien liikenteen viivytysten ja pysähdysten määrä ei varsinkaan liikenteen lisääntyessä ole kovin riippuvainen lepotilasta (kuvat 13 ja 14).

Päätien ja sivutien viivytykset

Liikenne 150 a/h

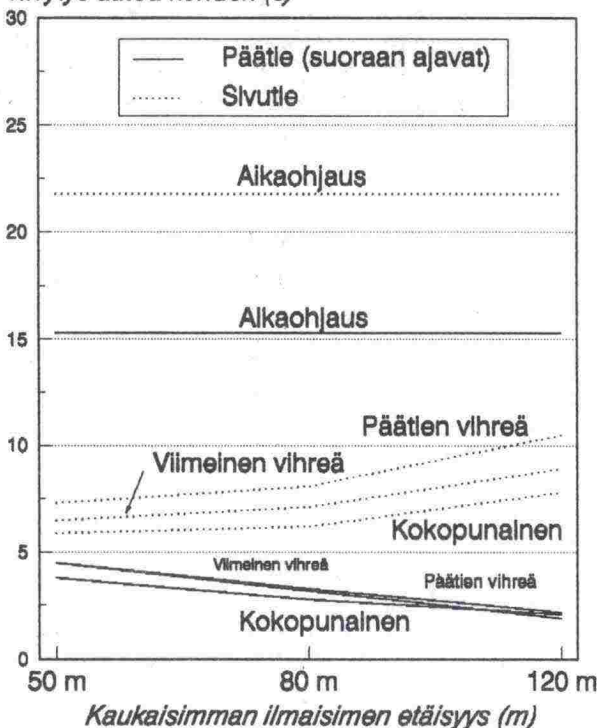
Viivytys autoa kohden (s)



Päätien ja sivutien viivytykset

Liikenne 400 a/h

Viivytys autoa kohden (s)



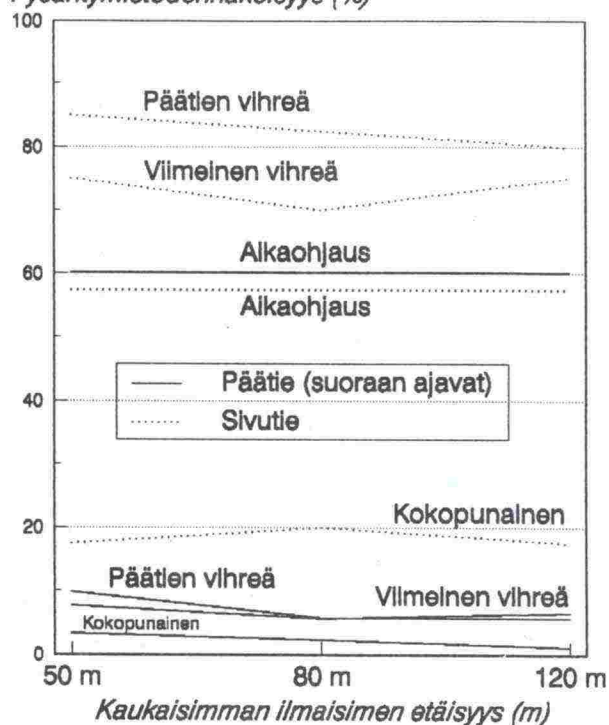
Kuva 13: Malliristeyksen viivytykset päätien ja sivutien liikenteelle eri lepotiloissa (liikenne jakaantuu pää- ja sivutien kesken suhteessa 2:1).

Kun liikenne on 400 a/h ja päätien ensimmäinen ilmaisin on 120 m päässä risteyksestä, niin viivytykset ja pysähdykset ovat likimain samat kaikissa lepotiloissa. Kun ilmaisin on lähempänä risteystä tai liikenne on vähäistä, kokopunainen on muita lepotiloja hieman edullisempi.

Päätien ja sivutien pysähdykset

Liikenne 150 a/h

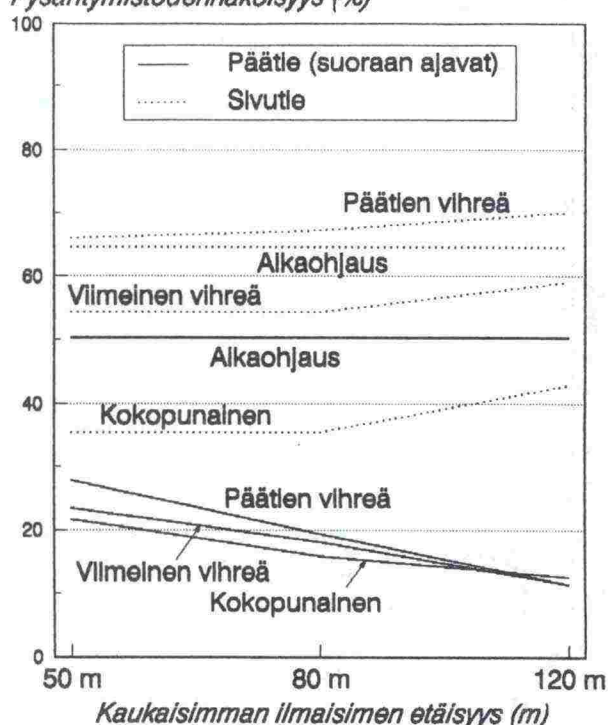
Pysähtymistodennäköisyys (%)



Päätien ja sivutien pysähdykset

Liikenne 400 a/h

Pysähtymistodennäköisyys (%)



Kuva 14: Malliristeyksen pysähtymistodennäköisyys päätien ja sivutien liikenteelle eri lepotiloissa (liikenne jakaantuu pää- ja sivutien kesken suhteessa 2:1)

Sensijaan sivutien suunnassa tilanne on erilainen. Kokopunaisen lepotilan aikana sivutien liikenteen pysähdysten määrä on selvästi pienempi kuin muiden lepotilojen aikana. Myös viivytykset ovat kokopunaisen aikana vähäisemmät, mutta ero ei kuitenkaan ole kovin huomattava.

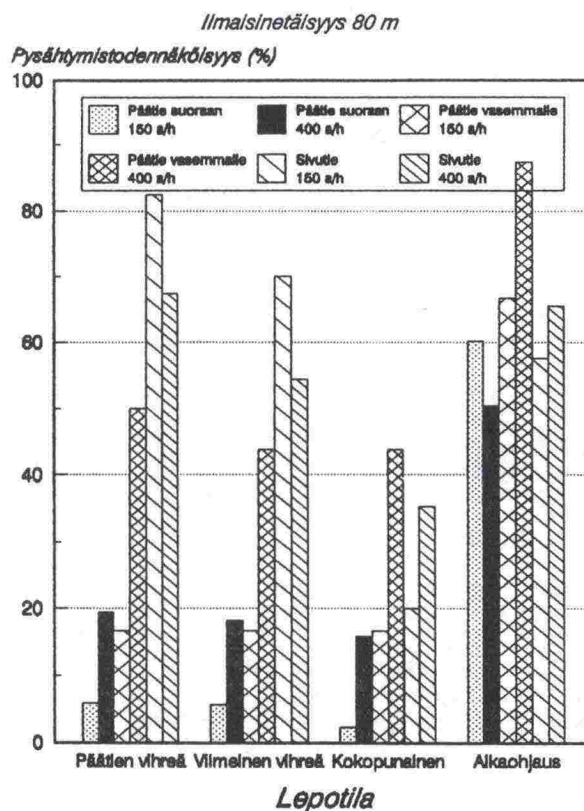
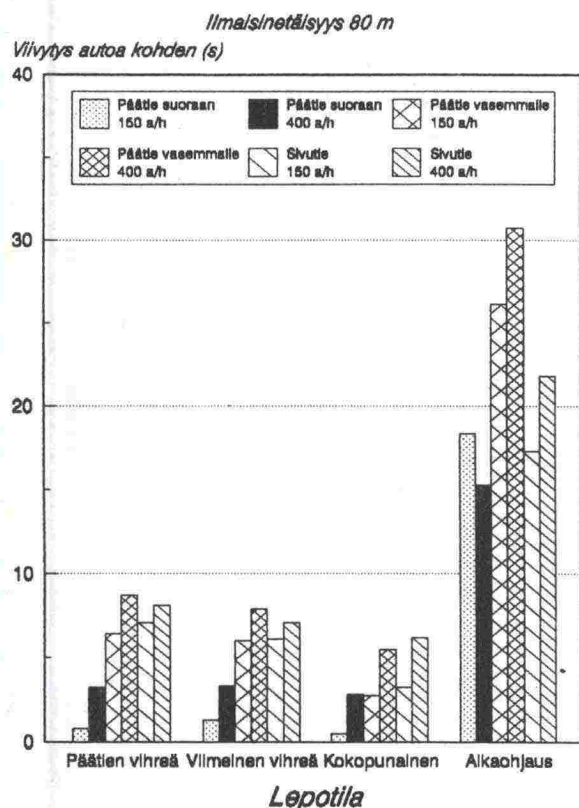
Sivutien liikenteen viivytykset ja pysähdykset näyttävät myös lievästi lisääntyvän, jos päätien ensimmäisen ilmaisimen etäisyys risteyksestä kasvaa.

Kuvassa 15 ja taulukossa II on tarkasteltu valoista eri ajosuunnille aiheutuvia viivytyksiä ja pysähdyksiä tyypillisimmässä tilanteessa - silloin kun päätien ensimmäinen ilmaisin on 80 metrin etäisyydellä valoista sekä liikenteen jakautuma päätien ja sivutien kesken on 2:1. Muilla ilmaisinetäisyyksillä ja toisella liikenteen jakautumalla tulokset ovat samansuuntaisia joskin lukuarvoiltaan erilaisia.

Päätien viivytykset ja pysähdykset ovat eri lepotiloissa varsin vähäiset. Tästä syystä eroja lepotilojen välillä ei ole käytännössä helppo havaita. Kokopunainen on kuitenkin kaikissa tapauksissa parempi kuin muut lepotilat.

Päätien ja sivutien liikennevaloviivytykset

Päätien ja sivutien pysähdykset



Kuva 15: Malliristeyksen autokohtaiset viivytykset ja pysähtymistodennäköisyys päätien ja sivutien suunnissa eri lepotiloissa (liikenne jakautuu pää- ja sivutien kesken 2:1).

Sensijaan sivutien viivytysten ja erikoisesti pysähdysten suhteen kokopunainen lepotila on paras. Hyvin vähäisen liikenteen (150 a/h) aikana kokopunainen aiheuttaa 70-75 % vähemmän pysähdyksiä ja vajaat 50 % vähemmän viivytyksiä kuin muut lepotilat. Liikenteen lisääntyessä erot pienenevät, mutta varsinkin pysähdysten osalta ne ovat yhä varsin selvät.

Aikaohjaus aiheuttaa sivutien liikenteelle selvästi enemmän viivytyksiä kuin mikään liikenneohjauksinen toimintatapa. Sensijaan pysähdysten määrä aikaohjauksen aikana on vähäisempi tai sama kuin "huonoimmalla" lepotilalla, päätien vihreällä.

Taulukko II: Liikennevalojen aiheuttamat päätien suoraan ajavan liikenteen ja sivutien liikenteen viivytykset ja pysähtymistodennäköisyys autoa kohden eri lepotilojen ja aikaohjauksen aikana.

	LIIKENNEMÄÄRÄ 150 a/h		LIIKENNEMÄÄRÄ 400 a/h	
	Viivytykset (s)	Pys.tod.näk. (%)	Viivytykset (s)	Pys. tod. näk. (%)
PÄÄSUUNTA				
Lepotila: Pääsuunnan vihreä	0.8	5.7	3.2	19.4
Viimeinen vihreä	1.3	5.6	3.3	18.1
Kokopunainen	0.5	2.3	2.8	15.9
Aikaohjaus	18.3	60.2	15.3	50.4
SIVUTIE				
Lepotila: Pääsuunnan vihreä	7.1	82.5	8.1	67.3
Viimeinen vihreä	6.1	70.0	7.1	54.4
Kokopunainen	3.2	20.0	6.2	35.4
Aikaohjaus	17.3	57.5	21.8	64.6
TILANNE: Päätien ilmaisinetäisyys = 80 m. Päätien ja sivutien liikenteen jakautuma 2:1 Aikaohjauksella valojen toiminta on aina samanlaista (ei lepotilaa)				

4.2 Norrholmenin risteys

Tutkimusasetelma

Liikennevaloissa tulosuunta, jonka ilmaisimella on vaurioitunut, saa vihreän valon säännöllisesti aina omalla vuorollaan riippumatta siitä, onko sillä liikennettä tai ei. Lisäksi vihreä valo pidentyy aina maksimi aikaansa asti liikennemäärästä riippumatta.

Norrholmenin risteys liikennevaloissa on tutkittu, miten sivutiellä olevan yhden ilmaisimen vaurioituminen tuottaa liikenteelle lisää viivytyksiä ja pysähdyksiä. Tutkimusasetelma on oheisen kaavion mukainen:

Perustilanne

VALOT TOIMIVAT NORMAALISTI ILTALIIKENTEEN VALO-OHJELMALLA

Tutkittava tilanne

Valo-ohjauksen toiminta	Tutkimuskohde
Sivutien yksi ilmaisimella on vaurioitunut, mikä huonontaa valo-ohjauksen toimintaa.	Miten paljon vaurioituneen ilmaisimen takia liikenteelle aiheutuu ylimääräisiä viivytyksiä ja pysähdyksiä?

Tulokset

Ilmaisinvaurion takia liikenteelle aiheutui yli kaksinkertaiset viivytykset ja pysähdykset normaaliin valo-ohjaukseen verrattuna. Viivytykset lisääntyivät 132 % ja pysähdykset 137 % (taulukko III).

Taulukko III: Liikennevalojen liikenteelle aiheuttamat viivytykset ja pysähdykset valojen normaalitoiminnan ja ilmaisinvaurion aikana.

	VIIVYTYKSET		PYSÄHTYMISTODENNÄKÖISYYS	
	Yhteensä	Autoa kohden	Yhteensä	Autoa kohden
	(h)	(s)	(kpl)	(%)
Valo-ohjaus normaalisti	0.32	3.7	54	17.0
Valo-ohjaus ilmaisinvian aikana	0.75	8.5	128	40.3
Viivytysten/pysähdysten lisäys	132 %		137 %	

Yhtä ajoneuvoa kohden viivytykset kasvoivat 3.7 sekunnista 8.5 sekuntiin. Vastaavasti yhtä autoa kohden laskettu pysähtymistodennäköisyys kasvoi 17%:sta 40 %:iin.

Ilmaisinvaurio vaikutti eri tavoin eri tulosuuntien liikenteen sujuvuuteen. Sivutien liikenteen viivytykset ja pysähdykset vähentyivät, koska liikennevalot näyttivät sivutielle runsaasti ylimääräistä vihreää valoa. Sensijaan päätien liikenteen viivytykset ja pysähdykset lisääntyivät (taulukko IV).

Taulukko IV: Liikennevaloista eri tulosuuntien liikenteelle aiheutuvien viivytysten ja pysähdysten muutos valojen normaalitoiminnan ja ilmaisinvaurion välillä.

	VIIVYTYKSET			PYSÄHTYMISTODENNÄKÖISYYS		
	norm.	ilm.vaur.	muutos	norm.	ilm.vaur.	muutos
	(s)	(s)	(%)	(%)	(%)	(%)
Päätie suoraan	1.8	9.4	422	6.3	45.1	615
Päätie lännestä vasemmalle	9.8	19.3	96	35.0	75.0	114
Päätie idästä oikealle	4.8	0.9	-81	18.2	0.0	***
Sivutie	6.7	4.7	-30	38.6	25.3	-34

Ilmaisinvaurion takia päätien liikennevaloviivytykset ja -pysähdykset lisääntyivät huomattavasti. Suoraan ajavan liikenteen viivytys lisääntyi 7.6 sekuntia eli noin viisinkertaiseksi normaalitilanteeseen verrattuna.

Vastaavasti todennäköisyys joutua pysähtymään valoihin päätien suunnasta kasvoi 39 prosenttiyksikköä. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että kun normaalin valo-ohjauksen aikana vain joka 16. auton tarvitsi pysähtyä liiken-

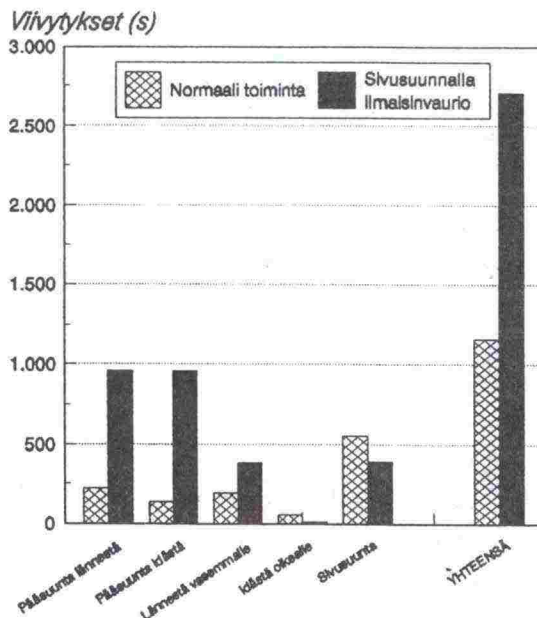
nevaloihin, niin ilmaisinvaurion aikana lähes joka toinen auto sai risteystä lähestyessään vastaan punaisen valon.

Päätieltä vasemmalle kääntyvän liikenteen viivytykset ja pysähdykset kasvoivat ilmaisinvaurion aikana noin kaksinkertaisiksi. Sensijaan päätieltä oikealle kääntyvän liikenteen viivytykset vähenivät lähes olemattomiin. Tämä aiheutuu siitä, että sivutien vihreän valon aikana myös päätien oikealle kääntyvä liikenne voi saada vihreän valon.

Sivutien liikenteen viivytykset ja pysähdykset vähenivät vain noin kolmasosan huolimatta ilmaisinvaurion aiheuttamasta runsaasta vihreän valon "ylitarjonnasta". Sivutien liikennöintiolosuhteiden parannus - viivytysten väheneminen vain noin 2 sekunnilla - oli siten suhteellisen vaatimaton verrattuna niihin haittoihin, joita vaurioituneesta ilmaisimesta aiheutui päätien liikenteelle.

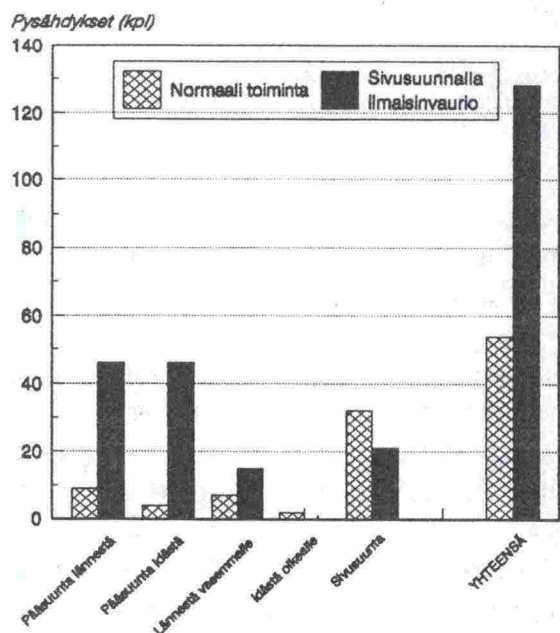
Kuvassa 16 on liikennevaloviivytysten ja -pysähdysten kokonaismäärä risteys tulosuunnittain. Kuvan perustella voidaan arvioida liikennevalojen toimintaa **tienpitäjän** kannalta - liikenteellisesti voimakkaimpien suuntien viivytykset ja pysähdykset tulevat korostuneesti esille. Kuva osoittaa myös, miten merkittävästi tutkittu ilmaisinvaurio alentaa päätien liikenteen sujuvuutta verrattuna sivutien liikenteen pieneen sujuvuuden paranemiseen.

Liikennevaloviivytykset yhteensä



Huom. Ilmaisinvaurio aiheuttaa sivusuunnan vihreän toteutumisen jokaisen kierron aikana ja aina maksimipituusena

Pysähdykset yhteensä



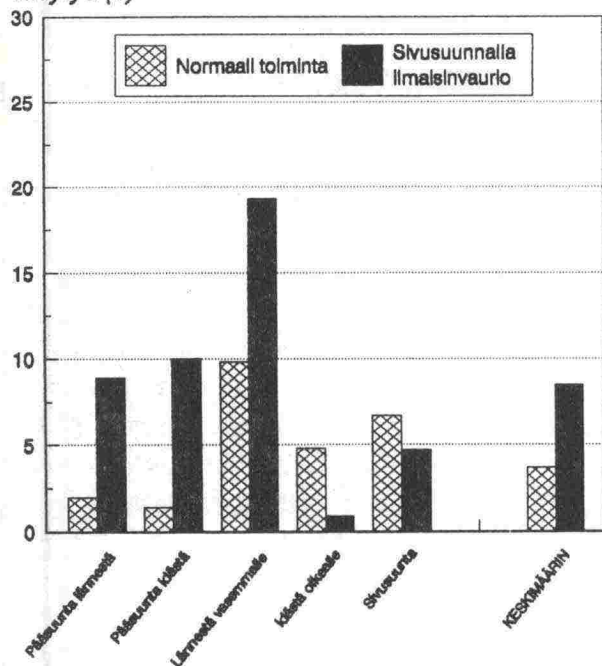
Huom. Ilmaisinvaurio aiheuttaa sivusuunnan vihreän toteutumisen jokaisen kierron aikana ja aina maksimipituusena

Kuva 16: Norrholmenin risteysen viivytykset ja pysähtymistodennäköisyys koko liikenteelle liikennevalojen toimiessa normaalisti ja ilmaisinvaurion aikana.

Kuvassa 17 on vastaavasti liikennevaloviivytysten ja -pysähdysten määrä yhtä autoa kohden. Kuva ilmentää sitä, miten eri suunnista risteykseen säännöllisesti saapuvat kuljettajat huomaavat ilmaisinvaurion aiheuttaman muutoksen valo-ohjauksen toiminnassa.

Liikennevaloviivytykset yhtä autoa kohden

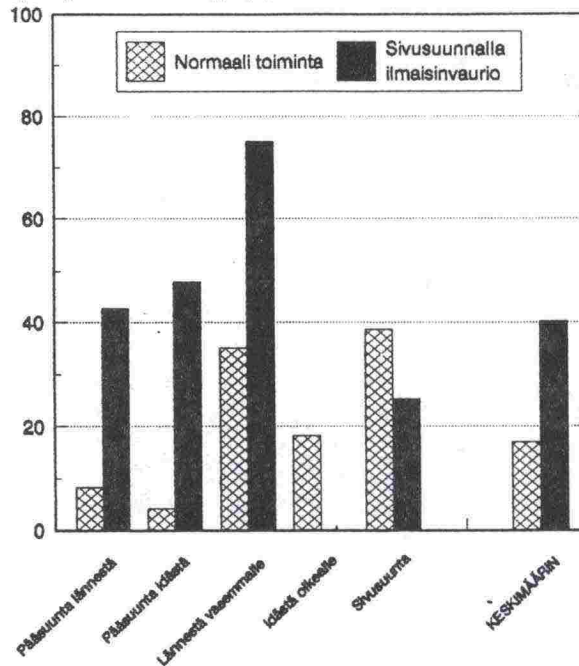
Viivytys (s)



Huom. Ilmaisinvaurio aiheuttaa sivusuunnan vihreän toteutumisen jokaisen kierron aikana ja aina maksimipituisena

Pysähdykset yhtä autoa kohden

Pysähtymistodennäköisyys (%)



Huom. Ilmaisinvaurio aiheuttaa sivusuunnan vihreän toteutumisen jokaisen kierron aikana ja aina maksimipituisena

Kuva 17: Norrholmenin risteyksen viivytykset ja pysähtymistodennäköisyys yhtä autoa kohden eri tulosuunnissa liikennevalojen toimiessa normaalisti sekä sivutien ilmaisinvaurion aikana.

Huolimatta ilmaisinvauriosta päätien liikenteen viivytykset ja pysähdykset ovat yhä kohtuulliset, kun niitä verrataan esimerkiksi sivutien tai vasemmalle kääntyvän liikenteen viivytyksiin normaalitilanteessa. Tämä selittääkin sen, miksi ilmaisinvaurioiden aiheuttamia liikennevalojen toimintavirheitä on vaikea havaita vain valojen läpi ajamalla. Valojen normaalitoiminnan aikana eri tulosuuntien viivytykset vaihtelevat niin suuresti, ettei ilmaisinvian aiheuttamia lisäviivytyksiä ole aina helppo tunnistaa.

5 PÄÄTELMÄT

Taustaa

Nyt tehdyssä selvityksessä on sen tekijöiden tietämyksen mukaan ensimmäisen kerran systemaattisesti selvitetty liikennevalojen lepotilaa ja sen vaikutuksia.

Vaihtoehtoisia lepotiloja on voitu vertailla täsmälleen samanlaisissa olosuhteissa ja täsmälleen samanlaisilla liikennemäärillä. Tämän tyyppiseen lähestymistapaan antaakin käytössä oleva simulointitekniikka poikkeuksellisen hyvät mahdollisuudet.

Kuitenkin saatuja tuloksia on eräiltä osin pidettävä vielä suuntaa-antavina seuraavista syistä:

- * Simulaattorissa käytettyä ajoneuvojen liikemallia ei ole vielä verrattu todellisuuteen. Mallin toimintaan liittyvät havainnot viittaavat kuitenkin siihen suuntaan, että liikennevalo-ohjauksen kannalta malli näyttää toimivan vähintäänkin tyydyttävästi.
- * Simulaattorissa käytetty kuljettajien toimintamalli liikennevalojen vaihtuessa vihreästä keltaiseksi ja edelleen punaiseksi on toistaiseksi varsin suoraviivainen. Tällä ominaisuudella ei kuitenkaan ole merkitystä silloin, kun verrataan erilaisia liikennevalojen ohjaustapoja toisiinsa kuten tässä selvityksessä.
- * Simuloinnissa on käsitelty yhteensä 13 000 ajoneuvoa noin 42 tunnin ajalta. Vaikka liikennemäärä sinänsä on varsin mittava ja vetää vertoja mille tahansa todellisesta liikenteestä tehdyille mitaukselle, niin pienten liikennevirtojen automäärät ovat simuloinnissa kuitenkin jääneet suhteellisen vähäisiksi. Tämä on pidettävä mielessä päätelmiä tehtäessä.

Lopuksi on muistettava, että käsillä olevat havainnot koskevat risteyksiä, joissa ei ole jalankulkua. Jalankulun mukaantulo saattaa vaikuttaa tuloksiin varsinkin silloin, kun suojateillä ei käytetä painonappeja.

Mikä lepotila on paras ?

Selvitys osoitti kiistattomasti, että kun tarkastellaan **risteyksen koko liikenteelle** valoista aiheutuvia viivytyksiä ja pysähdyksiä, kokopunainen lepotila on selvästi paras.

Lisäksi voitiin havaita, että mitä vähemmän risteyksessä on liikennettä, sitä edullisemmaksi kokopunainen lepotila osoittautuu.

Päätien vihreä ja viimeinen vihreä -lepotilojen välinen paremmuusero jää suhteellisen pieneksi. Viimeinen vihreä näyttää kuitenkin olevan näistä kahdesta lepotilasta jonkin verran edullisempi silloin kun päätiellä on selvästi enemmän liikennettä kuin sivutiellä.

Selvitys osoitti, että vähäisen liikenteen aikana valoista aiheutuvat viivytykset ovat keskimäärin hyvin pieniä. Erot yhtä autoa kohden lasketuissa viivytyksissä ovat eri lepotiloissa enintään 1-2 sekuntia. Sensijaan pysähdyksiin lepotila vaikuttaa merkittävästi. Kokopunaisen lepotilan aikana pysähdysten määrä on vain 1/3 - 2/3 muiden lepotilojen aiheuttamien pysähdysten määrästä.

Lepotila eri suuntien kannalta ?

Päätien liikenteen viivytysten ja pysähdysten määrä ei varsinkaan liikenteen lisääntyessä ole kovin riippuvainen käytetystä lepotilasta.

Kaikki lepotilat ovat lähes samanarvoisia, silloin kun liikennemäärä on 400 a/h ja päätien ensimmäinen ilmaisin on 120 (nopeusrajoituksella 70 km/h 160) metrin etäisyydellä risteyksestä. Sensijaan jos liikenne on vähäisempää tai jos ilmaisin on lähempänä risteystä, kokopunainen on edullisempi kuin muut lepotilat.

Sivutien liikenteelle kokopunainen on aina edullisin lepotila. Hyvin vähäisen liikenteen aikana (150 a/h) kokopunainen aiheuttaa 70-75 % vähemmän pysähdyksiä ja vajeat 50 % vähemmän viivytyksiä kuin muut lepotilat. Liikenteen lisääntyessä erot pienenevät, mutta varsinkin pysähdysten osalta ne jäävät yhä varsin selviksi.

Mihin kannattaa sijoittaa ilmaisimet ?

Päätien ensimmäisen ilmaisimen etäisyydellä on paljon pienempi merkitys liikenteen viivytysten ja pysähdysten määrään kuin lepotilalla.

Päätien ensimmäinen ilmaisin kannattaa sijoittaa 80 - 120 metrin etäisyydelle risteyksestä. Väylillä, joilla nopeusrajoitus on 70 km/h, vastaavat etäisyydet ovat 100 - 160 m.

Ilmaisinetäisyys 120 (160) metriä tuottaa vähiten pysähdyksiä varsinkin liikenteen lisääntyessä. Sensijaan ilmaisimen ollessa 80 (100) metrin etäisyydellä risteyksestä viivytykset ovat vähäisimmät. Viivytysten osalta erot ovat kuitenkin varsin pieniä.

Jos risteyksessä ei voida käyttää kokopunaista lepotilaa, päätien ensimmäinen ilmaisin kannattaa sijoittaa 120 (160) metrin etäisyydelle. Tällöin päätien liikenteen sujuvuus ei ole riippuvainen käytetystä lepotilasta.

Sivutien viivytykset ja pysähdykset näyttävät lievästi lisääntyvän sitä mukaa kuin päätien ensimmäisen ilmaisimen etäisyys kasvaa.

Entä aikaohjaus ?

Aikaohjaus tuottaa liikenteelle autoa kohden 3 - 7 kertaa pitemmät viivytykset ja 1.5 - 7 kertaa enemmän pysähdyksiä kuin valojen toiminta liikenneohjauksella. Autoa kohden viivytykset lisääntyvät keskimäärin 13 - 16 sekuntia.

Selvityksessä käytetty aikaohjaus ei ole optimaalinen eli liikenteelle pienimmät viivytykset tuottava. Optimaalisella aikaohjauksella viivytykset ja pysähdykset olisivat olleet pienemmät, mutta kuitenkin suuremmat kuin muilla ohjaustavoilla.

Vaikuttaako ilmaisinvika ?

Sivutien ilmaisimen vaurioituminen aiheuttaa liikenteelle huomattavia lisääviivytyksiä kunnossa olevaan valo-ohjaukseen verrattuna. Havainnot perustuvat tielaitoksen Vaasan piirin Norrholmenin risteyksestä tehtyyn simulointiin.

Risteyksen kaikkien suuntien yhteenlasketut viivytykset ja pysähdykset lisääntyvät yli kaksinkertaisiksi. Yhtä ajoneuvoa kohden viivytykset kasvavat 3.7 sekunnista 8.5 sekuntiin ja pysähtymistodennäköisyys 17 %:sta 40 %:iin.

Erityisen voimakkaasti liikenteen sujuvuus huonontuu päätien suunnassa. Viivytykset kasvavat lähes 8 sekuntia autoa kohden. Kun ennen vain joka 16 auto joutuu pysähtymään liikennevalojen takia, niin ilmaisinvaurion aikana lähes joka toinen auto saa vastaansa punaisen valon.

Ilmaisinviaasta huolimatta päätien autojen viivytykset jäivät yhä kohtuullisiksi, jos niitä verrataan sivutien tai päätien vasemmalle kääntyvän liikenteen viivytyksiin. Tämän takia ilmaisinvikojen havaitseminen yksinomaan valojen läpi ajamalla on suhteellisen vaikeaa. Vikojen havaitseminen edellyttää siten määrääkäsia tarkastuksia tai automaattista valvontaa.

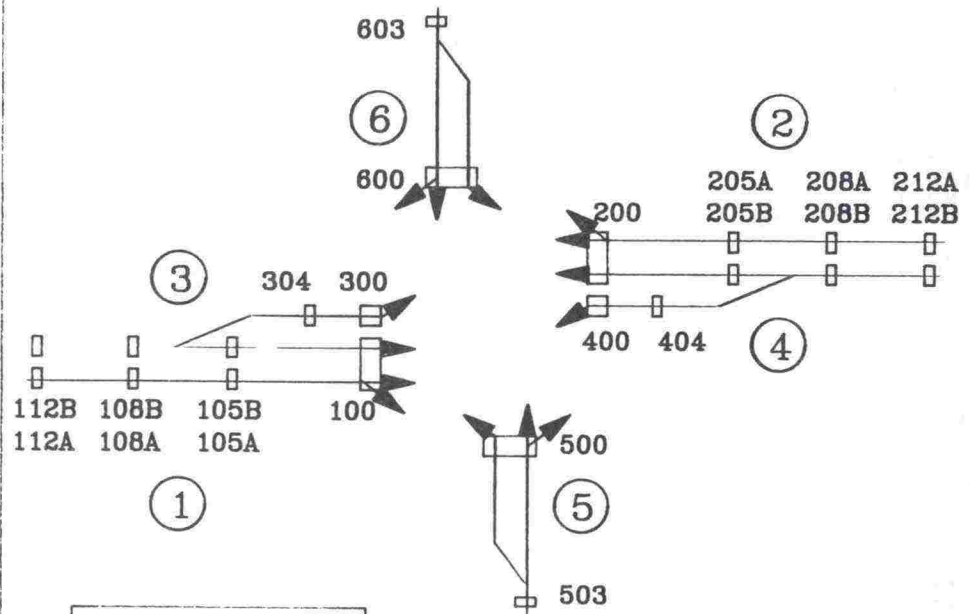
Päätelmät pähkinäkuoressa

1. Kokopunainen on kiistatta paras lepotila, jos tarkastellaan risteyksen koko liikennettä.
2. Päätien liikenteelle myös päätien vihreä ja viimeinen vihreä -lepotilojen käyttö on mahdollista silloin kun päätien ensimmäinen ilmaisim on no-peusrajoituksesta 50 - 70 km/h riippuen 120 - 160 metrin etäisyydellä risteyksestä eikä liikenne ole aivan vähäistä.
3. Sivutien liikenteelle kokopunainen on aina edullisin lepotila.
4. Liikenteelle aiheutuu vähiten pysähdyksiä silloin kun ilmaisim on sijoitettu 120 - 160 metrin päähän risteyksestä. Sensijaan viivytykset ovat pienimmät ilmaisimen ollessa 80 - 100 metrin etäisyydellä.
5. Jos risteyksessä ei voida käyttää kokopunaista lepotilaa, tulee päätien ensimmäinen ilmaisim sijoittaa vähintään 120 - 160 metrin päähän risteyksestä.
6. Sivutien ilmaisimen vaurioituminen huonontaa merkittävästi liikenteen sujuvuutta. Päätien liikenteen pysähdysten määrä voi lisääntyä moninkertaisesti. Sensijaan päätien liikenteen viivytysten lisäys on suhteellisen vähäinen, minkä takia ilmaisinvian havaitseminen ilman tarkastuksia tai automaattista valvontaa on usein vaikeaa.

6 LIITTEET

1. Malliristeyksen liikennevalot (kaavio)
2. Malliristeyksen ohjelmointiperiaate
3. Norrholmenin liikennevalojen risteyskuva
4. Tulostaulukot
5. FCA/U - Ohjauskojesimulaattorin liitäntä liikennevalosimulaattoriin

MALLIRISTEYS



Selite:

- ⑥ Opastinryhmä
□ Ilmaisin ja sen numero

MALLIRISTEYS

























VALO-OHJELMAT:

	Pääsuunta lepovihreä	Viimeinen vihreä	Kokopun. lepovihre	Aikaohjaus
Kauko- ilmaisimet	1	2	3	4
Väli- ilmaisimet	9	10	11	12
Lähi- ilmaisimet	5	6	7	8

ILMAISIMET KÄYTÖSSÄ:

	muut ilmaisimet	105 205 ohj.1-8	108 208 ohj. 9-12	112 212 ohj. 1-4
Kauko- ilmaisimet	ON	ON		ON
Väli- ilmaisimet	ON		ON	
Lähi- ilmaisimet	ON	ON		

OPASTINRYHMÄTOIMINNOT:

	Pääsuunta lepovihreä	Viimeinen vihreä	Kokopun. lepovihre	Aikaohjaus
R1				
R2				
R3				
R4				
R5				
R6				

KOKO RISTEYS

Viivytykset yhteensä (s)

	LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
	PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO ilm=120	415	371	186	2485	1328	1400	1224	7239
1:5 ilm= 80	397	371	184	2485	1304	1315	1094	7239
ilm= 50	419	409	182	2485	1377	1399	1234	7239
JAKO ilm=120	400	396	190	2573	2150	1980	1761	7161
1:2 ilm= 80	393	407	194	2573	2067	1930	1648	7161
ilm= 50	475	474	213	2573	2243	2110	1815	7161

KOKO RISTEYS

Pysähdykset yhteensä (kpl)

	LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
	PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO ilm=120	33	29	8	86	83	81	61	231
1:5 ilm= 80	36	30	10	86	94	93	62	231
ilm= 50	37	29	7	86	100	97	68	231
JAKO ilm=120	39	36	9	84	138	121	99	223
1:2 ilm= 80	39	34	11	84	151	128	95	223
ilm= 50	45	38	11	84	168	140	108	223

PÄÄSUUNTA (R1,R2)

Viivytykset yhteensä (s)

	LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
	PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO ilm=120	101	131	76	1679	465	485	416	5004
1:5 ilm= 80	126	132	76	1679	583	620	478	5004
ilm= 50	177	197	104	1679	696	732	669	5004
JAKO ilm=120	70	121	47	1724	429	503	480	3461
1:2 ilm= 80	71	126	50	1724	733	755	644	3461
ilm= 50	123	206	81	1724	1012	1014	853	3461

PÄÄSUUNTA (R1,R2)

Pysähdykset yhteensä (kpl)

	LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
	PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO ilm=120	5	5	4	62	21	20	15	167
1:5 ilm= 80	7	5	5	62	33	34	22	167
ilm= 50	10	7	5	62	40	39	31	167
JAKO ilm=120	5	6	1	57	26	26	29	114
1:2 ilm= 80	5	5	2	57	44	41	36	114
ilm= 50	9	7	3	57	63	53	49	114

PÄÄSUUNNAN VASEMMALLE KÄÄNTYVÄ (R3,R4)

Viivytykset yhteensä (s)

	LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
	PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO ilm=120	73	51	24	273	179	183	156	598
ilm= 80	66	50	23	273	165	157	137	598
ilm= 50	62	45	13	273	168	151	126	598
JAKO ilm=120	49	24	17	156	176	167	139	492
1:2 ilm= 80	39	36	16	156	140	127	88	492
ilm= 50	47	39	16	156	160	146	101	492

PÄÄSUUNNAN VASEMMALLE KÄÄNTYVÄ (R3,R4)

Pysähdykset yhteensä (kpl)

	LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
	PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO ilm=120	2	1	1	7	11	10	9	17
1:5 ilm= 80	2	1	1	7	10	9	8	17
ilm= 50	1	0	0	7	11	9	8	17
JAKO ilm=120	2	0	1	4	9	8	7	14
1:2 ilm= 80	1	1	1	4	8	7	7	14
ilm= 50	2	1	1	4	8	7	7	14

SIVUSUUNTA (R5,R6)

Viivytykset yhteensä (s)

	LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
	PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO ilm=120	241	189	86	533	684	732	652	1637
1:5 ilm= 80	205	189	85	533	556	538	480	1637
ilm= 50	180	167	64	533	513	516	440	1637
JAKO ilm=120	281	251	126	693	1545	1310	1142	3208
1:2 ilm= 80	284	245	128	693	1194	1048	916	3208
ilm= 50	305	230	116	693	1071	950	861	3208

SIVUSUUNTA (R5,R6)

Pysähdykset yhteensä (kpl)

	LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
	PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO ilm=120	26	23	3	17	51	51	37	47
1:5 ilm= 80	27	24	4	17	51	50	32	47
ilm= 50	26	22	2	17	49	49	29	47
JAKO ilm=120	32	30	7	23	103	87	63	95
1:2 ilm= 80	33	28	8	23	99	80	52	95
ilm= 50	34	30	7	23	97	80	52	95

KOKO RISTEYS

Viivytys yhtä autoa kohden (s)

		LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
		PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO	ilm=120	2.9	2.6	1.3	17.6	3.4	3.6	3.1	18.6
1:5	ilm= 80	2.8	2.6	1.3	17.6	3.4	3.4	2.8	18.6
	ilm= 50	3.0	2.9	1.3	17.6	3.5	3.6	3.2	18.6
JAKO	ilm=120	2.8	2.8	1.3	18.2	5.5	5.1	4.5	18.4
1:2	ilm= 80	2.8	2.9	1.4	18.2	5.3	5.0	4.2	18.4
	ilm= 50	3.4	3.4	1.5	18.2	5.8	5.4	4.7	18.4

KOKO RISTEYS

Pysäytymistodennäköisyys yhtä autoa kohden (%)

		LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
		PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO	ilm=120	23.4	20.6	5.7	61.0	21.3	20.8	15.7	59.4
1:5	ilm= 80	25.5	21.3	7.1	61.0	24.2	23.9	15.9	59.4
	ilm= 50	26.2	20.6	5.0	61.0	25.7	24.9	17.5	59.4
JAKO	ilm=120	27.9	25.7	6.4	59.3	35.5	31.1	25.4	57.3
1:2	ilm= 80	27.9	24.3	7.9	59.3	38.8	32.9	24.4	57.3
	ilm= 50	32.1	27.1	7.9	59.3	43.2	36.0	27.8	57.3

PÄÄSUUNTA (R1,R2)

Viivytys yhtä autoa kohden (s)

		LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
		PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO	ilm=120	1.0	1.3	0.7	16.3	1.5	1.6	1.4	16.4
1:5	ilm= 80	1.2	1.3	0.7	16.3	1.9	2.0	1.6	16.4
	ilm= 50	1.7	1.9	1.0	16.3	2.3	2.4	2.2	16.4
JAKO	ilm=120	0.7	1.3	0.5	18.3	1.9	2.2	2.1	15.3
1:2	ilm= 80	0.8	1.3	0.5	18.3	3.2	3.3	2.8	15.3
	ilm= 50	1.3	2.2	0.9	18.3	4.5	4.5	3.8	15.3

PÄÄSUUNTA (R1,R2)

Pysäytymistodennäköisyys yhtä autoa kohden (%)

		LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
		PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO	ilm=120	4.8	4.9	3.9	60.2	6.8	6.5	4.9	54.6
1:5	ilm= 80	6.8	4.9	4.9	60.2	10.8	11.1	7.1	54.6
	ilm= 50	9.7	6.8	4.9	60.2	13.1	12.7	10.2	54.6
JAKO	ilm=120	5.7	6.6	1.1	60.2	11.5	11.5	12.7	50.4
1:2	ilm= 80	5.7	5.6	2.3	60.2	19.4	18.1	15.9	50.4
	ilm= 50	9.9	7.7	3.3	60.2	27.9	23.5	21.7	50.4

PÄÄSUUNNAN VASEMMALLE KÄÄNTYVÄ (R3,R4)

Viivytys yhtä autoa kohden (s)

		LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
		PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO	ilm=120	7.3	5.1	2.4	27.3	9.4	9.6	8.2	31.5
	ilm= 80	6.6	5.0	2.3	27.3	8.7	8.2	7.2	31.5
	ilm= 50	6.2	4.5	1.3	27.3	8.9	7.9	6.6	31.5
JAKO	ilm=120	8.1	4.0	2.8	26.1	11.0	10.5	8.7	30.7
1:2	ilm= 80	6.4	6.0	2.7	26.1	8.7	7.9	5.5	30.7
	ilm= 50	7.8	6.4	2.7	26.1	10.0	9.1	6.3	30.7

PÄÄSUUNNAN VASEMMALLE KÄÄNTYVÄ (R3,R4)

Pysäytymistodennäköisyys yhtä autoa kohden (%)

		LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
		PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO	ilm=120	20.0	10.0	10.0	70.0	57.9	52.6	47.4	89.5
1:5	ilm= 80	20.0	10.0	10.0	70.0	52.6	47.4	42.1	89.5
	ilm= 50	10.0	0.0	0.0	70.0	57.9	47.4	42.1	89.5
JAKO	ilm=120	33.3	0.0	16.7	66.7	56.3	50.0	43.8	87.5
1:2	ilm= 80	16.7	16.7	16.7	66.7	50.0	43.8	43.8	87.5
	ilm= 50	33.3	16.7	16.7	66.7	50.0	43.8	43.8	87.5

SIVUSUUNTA (R5,R6)

Viivytys yhtä autoa kohden (s)

		LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
		PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO	ilm=120	8.6	6.7	3.1	19.0	9.2	9.9	8.8	22.1
1:5	ilm= 80	7.3	6.8	3.0	19.0	7.5	7.3	6.5	22.1
	ilm= 50	6.4	6.0	2.3	19.0	6.9	7.0	5.9	22.1
JAKO	ilm=120	7.0	6.3	3.2	17.3	10.5	8.9	7.8	21.8
1:2	ilm= 80	7.1	6.1	3.2	17.3	8.1	7.1	6.2	21.8
	ilm= 50	7.6	5.7	2.9	17.3	7.3	6.5	5.9	21.8

SIVUSUUNTA (R5,R6)

Pysäytymistodennäköisyys yhtä autoa kohden (%)

		LIIKENNE = 150 a/h				LIIKENNE = 400 a/h			
		PääS	ViimV	KokoP	Aika	PääS	ViimV	KokoP	Aika
JAKO	ilm=120	92.9	82.1	10.7	60.7	68.9	68.9	50.0	63.5
1:5	ilm= 80	96.4	85.7	14.3	60.7	68.9	67.6	43.2	63.5
	ilm= 50	92.9	78.6	7.1	60.7	66.2	66.2	39.2	63.5
JAKO	ilm=120	80.0	75.0	17.5	57.5	70.1	59.2	42.9	64.6
1:2	ilm= 80	82.5	70.0	20.0	57.5	67.3	54.4	35.4	64.6
	ilm= 50	85.0	75.0	17.5	57.5	66.0	54.4	35.4	64.6

FCA/U - OHJAUSKOJESIMULAATTORIN LIITÄNTÄ LIIKENNEVALOSIMULAATTORIIN

ILMAISINNUMEROINTI - MALLIRISTEYS

Ilmaisin- tunnus	input-kanava (simulaattori)	detector- input(DP2)	detector- logic (DET-nrot)	on ohjelmissa (DP24)
100	1	2-1-17	1	aina 0-0
300	2	2-1-19	2	aina 0-0
105 A	3	2-1-21	3	<= 8 3-8
105 B	4	2-1-22	4	<= 8 3-8
108 A	5	2-1-23	5	>= 9 2-9
108 B	6	2-1-24	6	>= 9 2-9
112 A	7	2-1-25	7	<= 4 3-4
112 B	8	2-1-26	8	<= 4 3-4
200	9	2-1-27	9	aina 0-0
-	10 (ei toimi)	2-1-28	10	
205 A	11	2-1-29	11	<= 8 3-8
205 B	12	2-1-30	12	<= 8 3-8
208 A	13	2-1-31	13	>= 9 2-9
208 B	14	2-1-32	14	>= 9 2-9
212 A	15	2-1-57	15	<= 4 3-4
212 B	16	2-1-58	16	<= 4 3-4
-	17 (ei toimi)	2-1-59	17	
304	18	2-1-60	18	aina 0-0
400	19	2-1-61	19	aina 0-0
404	20	2-1-62	20	aina 0-0
500	21	2-1-63	21	aina 0-0
603	22	2-1-64	22	aina 0-0
503	23	2-1-65	23	aina 0-0
600	24	2-1-66	24	aina 0-0

27.03.91/kjs

FCA/U - OHJAUSKOJESIMULAATTORIN LIITÄNTÄ LIIKENNEVALOSIMULAATTORIIN

ILMAISINNUMEROINTI - VAASA T112

Ilmaisintunnus	input-kanava (simulaattori)	detector- input(DP2)	detector- logic(DET-nrot)	on ohjelmassa (DP23)	
A0	1	2-1-17	1	aina	0-0
A80	2	2-1-19	2	aina	0-0
A240	3	2-1-21	3	aina	0-0
A140	4	2-1-22	4	aina	0-0
- (vapaa)	5	2-1-23	5		
B80	6	2-1-24	6	aina	0-0
A240	7	2-1-25	7	aina	0-0
A240	8	2-1-26	8	aina	0-0
B1	9	2-1-27	9	aina	0-0
- (ei toimi)	10	2-1-28	10		
B240	11	2-1-29	11	aina	0-0
B140	12	2-1-30	12	aina	0-0
- (vapaa)	13	2-1-31	13		
C0	14	2-1-32	14	aina	0-0
B240	15	2-1-57	15	aina	0-0
B240	16	2-1-58	16	aina	0-0
- (ei toimi)	17	2-1-59	17		
C50	18	2-1-60	18	aina	0-0
D1	19	2-1-61	19	aina	0-0
D80	20	2-1-62	20	aina	0-0
E1+E5	21	2-1-63	21	aina	0-0
E60	22	2-1-64	22	aina	0-0

Ilmaisimia A248 ja B248 ei käytetä (rekka-autot)

27.03.1991/kjs

TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 27/1992 Yleisten teiden liikennemelu, otantaselvitys, TIEL 3200082
- 28/1992 Tien suuntauksen suunnittelu. TIEL 3200083
- 29/1992 Onnettomuudet pääteiden tasoliittymissä. TIEL 3200084
- 30/1992 Jätäkänkynttilä; The Lumberjack's Candle. TIEL 3200085
- 31/1992 Pohjaveden maatiivistesuojan tiivistäminen. TIEL 3200086
- 32/1992 Talvikunnossapidon sääindeksi. Tuotannon kehittämispalvelut
- 33/1992 Tieverkon kehittämishankkeiden hallinnointi: Projektiorganisaatiot, loppuraportti. TIEL 3200087
- 34/1992 Tienvarsialueiden kasvittamisen ja hoidon kehittäminen luonnonmukaisempaan suuntaan. TIEL 3200088
- 35/1992 Päälystetyn tien kuntoennusteet. TIEL 3200089
- 36/1992 Päälystettyjen teiden pintakunnon luokittelu. TIEL 3200090
- 37/1992 Satamiin johtavien erikoiskuljetusreittien kehittäminen
- 38/1992 CMA:n ympäristövaikutuksia ja käyttökokemuksia; kirjallisuustutkimus. TIEL 3200092
- 39/1992 Henkilöauton verotuksen muuttamisen vaikutuksia liikenteeseen. TIEL 3200093
- 40/1992 Hirvieläinonnettomuudet yleisillä teillä 1991. TIEL 3201921-92
- 41/1992 Liikenteen ja muiden toimintojen turvallisuuden vertailu 1988-1990. TIEL 3200094
- 42/1992 Pääväylät kaupunkialueilla; tasoliittymät. TIEL 3200095
- 43/1992 Reittiohjaus Lahdentiellä, esiselvitys. TIEL 3200096
- 44/1992 Seurannan sisällyttäminen tiehankkeisiin -luonnonolot. TIEL 3200097
- 45/1992 Liikennevalojen kunnossapitotutkimus. TIEL 3200098
- 46/1992 Syvästabiloinnin laadunvalvontaohje. TIEL 3200099
- 47/1992 Kestopäälysteteiden kunnon piilorakennemalli. TIEL 3200100
- 48/1992 Tiehankkeiden sosioekonomisten vaikutusten arviointi, arviointimenettelyn selvitys. TIEL 3200101
- 49/1992 Pääväylät kaupunkialueilla; Yleiset suunnitteluperiaatteet. TIEL 3200102
- 50/1992 Tiemerkintämassojen käyttökelpoisuus. Oulun tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 51/1992 Roadside Restareas and Restarea Structures and Equipment. TIEL 3200041E
- 52/1992 Kuntien liikenneturvallisuus vuosina 1982-1990. TIEL 3200103
- 53/1992 Henkilöautojen omistus, ajoneuvosuoritteet ja käyttöalueet. TIEL 3200104